

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**



**ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE  
BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO Y SUS  
REPERCUSIONES EN LA CONSTRUCCION EN BASE A  
EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS**

**PRESENTADO POR:**

**SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO**

**TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERA CIVIL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2013.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR :

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

SECRETARIA GENERAL :

**DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

SECRETARIO :

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

DIRECTOR :

**Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERA CIVIL**

Título:

**ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE  
BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO Y SUS  
REPERCUSIONES EN LA CONSTRUCCION EN BASE A  
EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS**

Presentado por:

**SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO**  
**TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

**ING. JOSE RANULFO CARCAMO Y CARCAMO**  
**MsC. RAMON FRITZ ALVARADOGLOWER**  
**ING. JOSE GERARDO RIVAS DURAN**

San Salvador, Febrero 2013

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

**ING. JOSE RANULFO CARCAMO Y CARCAMO**

**MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER**

**ING. JOSE GERARDO RIVAS DURAN**

## AGRADECIMIENTOS

Al finalizar nuestro trabajo de graduación tan arduo, el cuál no hubiese sido posible sin todas aquellas personas e instituciones que han colaborado de alguna u otra manera, para que esté llegando a su fin, es un placer utilizar este espacio para expresarles nuestros sinceros agradecimientos.

- En primer lugar agradecemos a DIOS TODOPODEROSO, por darnos la fortaleza necesaria para seguir adelante con nuestro Trabajo de Graduación y así permitirnos cumplir nuestra meta.

A nuestros Asesores:

**-Ing. José Gerardo Rivas Durán**, por aceptarnos para realizar nuestra tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para dirigir nuestras ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de nuestro trabajo, sino también en nuestra formación como profesionales e investigadores. Su empeño ha sido la clave del trabajo que hemos realizado. Muchas Gracias Ingeniero.

**-Ing. José Ranulfo Cárcamo y Cárcamo**, por su disponibilidad, apoyo y tiempo valioso que nos brindó en la elaboración de esta investigación. Nos encontramos altamente agradecidos.

**-Msc. Ramón Fritz Alvarado Glower**, gracias por compartir su experiencia y amplio conocimiento sobre carreteras.

De manera especial agradecemos al **Arq. Eliud Ulises Ayala Zamora**, Director Ejecutivo del Fondo de Conservación Vial; por su gran apertura, disponibilidad y colaboración en brindar toda la información necesaria para realizar nuestra investigación. Por ello gracias Arquitecto.

A **Ing. Tony Walter Sandoval**, Director de Unidad Ejecutora del Fondo de Conservación Vial, por su atención y por facilitarnos la información que sustenta nuestra investigación. Muchísimas gracias Ingeniero.

A Sra. Gladys Campos de Alfaro, por su apoyo y atenciones en nuestra visita a Guatemala, muchísimas gracias por su buena voluntad y ayuda.

A nuestros compañeros y amigos: Carla Cecilia Galdámez, Magaly Ángel Merino, JeyselJacqueline Cisneros &company, Víctor Alberto León, y Stanley Grijalva que nos apoyaron de una u otra forma en nuestra investigación, Gracias.

A las instituciones, por brindarnos la información técnica necesaria para el desarrollo de nuestra investigación.

- Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano

(MOPTVDU)

-Fondo de Conservación Vial

(FOVIAL)

**EUNICE Y TANIA**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio

A mis padres Elsa Portillo de Campos y Roberto Arturo Campos Amaya por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo.

A mis hermanos Patricia, Grisel, Wendy y Zeidy, por brindarme su apoyo incondicional y estar conmigo en todo momento.

A mi compañera de tesis Tania Alexandra Maltez Mira, ya que gracias a nuestro trabajo en conjunto hemos podido culminar esta investigación.

A mis compañeros, amigos y docentes que me han acompañado en las diferentes etapas de mi vida y que de alguna manera han contribuido en mi formación.

**EUNICE CAMPOS**

## **DEDICATORIA**

A Dios Todo Poderoso, por brindarme sabiduría, protección y guiarme siempre. Por poner en mí camino a las personas y medios necesarios para el desarrollo de esta investigación.

A mis padres María Concepción Mira y José Franklin Maltez Sandoval por su apoyo incondicional, por sus consejos y por acompañarme en el perseverar de mis estudios.

A mis hermanas Nadia y Larissa por su apoyo y ayuda en esos momentos que más lo necesitaba.

A mi amiga y compañera de tesis Eunice Campos, por su empeño y dedicación en nuestra investigación, por los buenos y malos momentos que pasamos en todo el tiempo que llevamos de conocernos.

Al jefe Ing. José Gerardo Rivas Duran, por compartir sus amplios conocimientos de todo tipo, por su disponibilidad y colaboración en mis estudios.

A mis compañeros, amigos y docentes con quienes tuve la oportunidad de compartir durante todo este tiempo.

TANIA MALTEZ

# INDICE

RESUMEN.....	xiv
CAPITULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCION.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
1.4 OBJETIVOS.....	8
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
1.5 ALCANCES.....	9
1.6 LIMITACIONES .....	10
1.7 JUSTIFICACION .....	11
2.1 INTRODUCCION .....	13
2.2 TERMINOS DE REFERENCIA.....	13
2.3 CONSTRUCTIBILIDAD DE PROYECTOS.....	14
2.4 CONTENIDO DE DISEÑOS DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO.....	19
CAPITULO 2: MARCO TEORICO.....	12

2.4.1 Alcance de los servicios de consultaría.....	19
2.4.2 Diagnostico y evaluación de obras existentes.....	20
2.4.3 Estudios de ingeniería básica .....	22
2.4.3.1 Estudio de Tráfico .....	22
2.4.3.2 Estudio Topográfico.....	25
2.4.3.3 Estudios de Climatología e Hidrología.....	30
2.4.3.4 Estudio Geológico .....	37
2.4.3.5 Estudio Geotécnico.....	38
2.4.3.6 Bancos de Préstamo, Yacimientos, Canteras y Botaderos.....	51
2.4.3.7 Soluciones Propuestas al Tráfico durante la Ejecución de las Obras. ....	54
2.4.3.8 Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo.....	56
2.4.4 Estudio de impacto ambiental (E.I.A.).....	56
2.3.4.1 Programa de Manejo Ambiental.....	57
2.3.4.2 Estudio de Impacto Social.....	58
2.4.5 DISEÑO DE OBRAS. ....	63
2.4.5.1 Diseño Geométrico de la Vía.....	63
2.4.5.2 Diseño de Obras de Drenaje.....	69
2.4.5.3 Diseño del Revestimiento de la Vía .....	72
2.4.6.3 Plan Propuesta de Mantenimiento.....	72
2.4.5.4 Diseño de Obras de Protección.....	73
2.4.5.5 Terracería.....	73

2.4.6 ELABORACIÓN DE PLANOS Y DOCUMENTOS. ....	74
2.4.6.1 Planos. ....	74
2.3.6.2 Presupuesto de Obra. ....	95
2.4.6.3 Plan Propuesta de Mantenimiento. ....	96
2.4.6.4 Programa de Construcción. ....	96
2.4.6.5 Especificaciones Técnicas. ....	97
 CAPITULO 3: SELECCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO. ....	 98
3.1 Introducción. ....	99
3.2 Criterios de Selección del Proyecto. ....	99
3.3 Generalidades del proyecto. ....	102
3.2.1 Ubicación del proyecto. ....	102
3.3.2 Descripción del camino antes de la realización del proyecto. ....	104
3.3.3 Descripción general del proyecto. ....	105
3.4 Estudios de ingeniería básica. ....	106
3.4.1 Climatología, hidrología e hidráulica. ....	106
3.4.1.1 Generalidades. ....	106
3.4.1.2 Climatología. ....	109
3.4.1.3 Lluvia. ....	110
3.3.1.4 Temperatura. ....	111
3.4.1.5 Humedad relativa. ....	112

3.4.1.6 Viento.....	112
3.4.1.7 Capacidad hidráulica y condiciones de flujo en obras de drenaje existentes. .	113
3.4.1.8 Características topohidraulicas de obras de drenaje transversal existentes....	113
3.4.2 Estudio geológico.....	114
3.4.2.1 Generalidades.....	114
3.4.2.2 Objetivos principales del estudio geológico. ....	115
3.4.2.3 Geomorfología en el área del proyecto.....	116
3.4.2.4 Hidrogeología. ....	121
3.3.2.5 Pozos artesanales en el área del proyecto.....	123
3.4.2.6 Granulometría de los suelos a lo largo de la obra vial.....	124
3.4.2.7 Geología local. ....	125
3.4.2.7.1 Generalidades. ....	125
3.4.2.7.2 Actividad sísmica en la zona oriental.....	130
3.4.2.7.3 Riesgos de carácter geológico. ....	131
3.4.2.8 Riesgo sísmico. ....	131
3.4.2.9 Estudio fotogeológico. ....	132
3.4.3 Estudio geotécnico. ....	133
3.4.3.1 Generalidades.....	133
3.4.3.2 Resultados obtenidos.....	133
3.4.3.3 Proctor, CBR de laboratorio y densidades de campo. ....	139
3.4.3.4 Problemas en la subrasante. ....	141
3.4.3.5 Análisis de los resultados y conclusiones. ....	143

CAPITULO 4: ANÁLISIS DEL PROYECTO EN ESTUDIO.....	144
4.1 INTRODUCCION .....	148
4.2 PROBLEMAS DETECTADOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO RELACIONADOS CON EL DISEÑO.....	148
4.2.1 Diseño geométrico. ....	148
4.2.2 Diseño hidráulico. ....	150
4.2.3 Carpeta asfáltica.....	152
4.2.4 Condiciones del subsuelo.....	153
4.2.5 Afectaciones de los derechos de vía.....	153
4.2.6 Sección típica del proyecto. ....	155
4.3ANÁLISIS DE IMPACTO ECONÓMICO.....	158
4.3.1 Montos y plazos del proyecto en sus diferentes etapas.....	158
4.3.2 Análisis de partidas que componen la ejecución del proyecto.....	158
4.2.3 Otros Incrementos.....	167
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	169
5.1 CONCLUSIONES .....	170
5.2 RECOMENDACIONES.....	175
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	184

## RESUMEN

Las obras viales son una pieza clave en el desarrollo económico y social en el territorio de cualquier país, las carreteras inducen cambios en los patrones de distribución de la población y apoyan directamente a las actividades productivas. En este sentido, la mejora de la accesibilidad afecta al crecimiento de los sectores productivos y a consecuencia se genera empleo a los pobladores de la zona; es decir se provoca un futuro económico positivo para la región.

El mejoramiento de caminos rurales ayuda a enriquecer la infraestructura física en zonas rurales, dando respuesta a las necesidades de la población, además facilita el acceso a los servicios públicos.

En la etapa de diseño de una obra de infraestructura vial se deben de establecer, basados en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva de la vía, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética y la economía.

En el país han existido proyectos viales que han tenido incongruencias entre lo que se presenta en el diseño y las condiciones existentes en el lugar donde se ejecuta la obra, es difícil poder cuantificar todos los proyectos que han tenido este tipo de problemas, pues si bien es cierto siempre es necesario adecuar los diseños a las condiciones del sitio, pero cuando estas discrepancias generan incrementos económicos considerables o bien la conceptualización del diseño no es adecuada, se hace necesario realizar entonces rediseños, en estos casos es necesario realizar actividades que no estaban previstas para poder concluir la obra, como por ejemplo solicitar incrementos al monto asignado, prorrogas para concluir las obras y realizar estudios adicionales.

Con esta investigación se pretende formular recomendaciones a los términos de referencia de concursos de diseños de proyectos viales con el fin de que los documentos contractuales sean fortalecidos para que se generen estudios más elaborados y diseños apegados a las condiciones existentes en el lugar donde se ejecutará la obra. Para ello, se seleccionó un proyecto en el que existieron diferencias entre el diseño y las condiciones reales del sitio, en base a la información recabada de las diferentes etapas del proyecto se formularon las propuestas de mejora a los TDR.

Se presentan de manera general los principales ítem o contenidos de los términos de referencia de concursos de diseños de proyectos viales de baja intensidad de tráfico que están siendo utilizados actualmente en nuestro país, con el objetivo de que el lector tenga una idea clara de aquella información que se incluye en este tipo de estudio y los alcances de los estudios a realizar en la investigación.

En el capítulo denominado selección del proyecto en estudio se presentan primeramente el proyecto que fue seleccionado para ser analizado a lo largo del desarrollo de esta investigación, el cuál se denomina: “Mejoramiento del Camino Rural USU27E, entre Cantón La Canoa (Et USU08S) – Corral de Mulas”, ubicado en el departamento de Usulután, basándonos en los siguientes criterios de selección: incremento en el monto del proyecto, prolongación en el tiempo de ejecución e importancia de la vía. Posteriormente se presentan las generalidades y ubicación del proyecto, descripción del camino antes de la realización del proyecto, descripción general del mismo entre otros, además se presenta un resumen de los principales estudios realizados por el consultor durante la etapa de elaboración del diseño del proyecto vial, lo que permitirá conocer las condiciones existentes en la vía durante la etapa de diseño.

En la etapa que corresponde al análisis del proyecto se realizó un estudio detallado del mismo, con el objetivo de determinar todas aquellas diferencias existentes entre el diseño original del proyecto vial y las condiciones existentes en el lugar donde se ejecutaría la

obra, para una mayor comprensión se agrupó las discrepancias encontradas en distintos apartados, como por ejemplo diseño hidráulico y carpeta asfáltica; luego en el desarrollo de este capítulo se realizó un análisis económico, es decir se puntualizó los incrementos o decrementos que generó el hecho de que el diseño vial no estuviera apegado a las condiciones particulares del sitio donde se construiría la carretera, con la limitante que únicamente se estimarán los costos económicos, pues otro tipo de costo sobrepasan los alcances perseguidos por esta investigación, para el caso se realizó una comparación de cada una de las partidas que componían el contrato original versus las partidas con las cuales finalmente se concluyó el proyecto, haciendo notar que por medio de la investigación se detectó que en algunos casos los incrementos o decrementos económicos no eran tan cuantiosos, sin embargo las cantidades de obra tenían variaciones importantes, lo que demuestra que la concepción del diseño no era la adecuada.

Finalmente en el capítulo que corresponde a las conclusiones y recomendaciones, se presentan inicialmente las conclusiones las cuáles fueron formuladas después de haber realizado un análisis detallado del proyecto “Mejoramiento del Camino Rural USU27E, entre Cantón La Canoa (Et USU08S) – Corral de Mulas”, posteriormente se presentan las recomendaciones a los términos de referencia que actualmente están siendo utilizados para la elaboración de proyectos viales, las cuales están elaboradas en base a las experiencias que se lograron evidenciar a lo largo del análisis del proyecto antes mencionado.

# **CAPITULO I**

---

## **GENERALIDADES**

## **1.1 INTRODUCCION.**

Para cualquier país, el contar con infraestructura vial adecuada, funcional y estratégica, es de vital importancia para facilitar el desarrollo del mismo, por lo que las inversiones para realizar proyectos viales son cada vez mayores.

El Salvador cuenta con una extensión de 6,544.00 kilómetros de carreteras de los cuales solamente 3,379.00 kilómetros pertenecen a vías pavimentadas y 3,165.00 son no pavimentadas.

En la actualidad las instituciones de gobierno encargadas de la red vial de El Salvador, deben optimizar sus recursos e inversiones en los proyectos que realizan, ya sean de apertura, mejoramiento, rehabilitación y de mantenimiento, con el fin de lograr la ejecución de mayor número de proyectos que permitan mejorar las vías. Los proyectos de mejoramiento de vías comprenden la ejecución de actividades constructivas necesarias para dotar a una carretera existente, en bueno, regular o mal estado, de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor servicio al usuario.

Con el fin de mejorar la conectividad del país se han ejecutado diferentes proyectos de mejoramiento de caminos a lo largo del país, en algunos de los cuales se han presentado discrepancias entre el proyecto ejecutado vrs. el diseño con el que se concibió originalmente, para conocer sobre los motivos que originan este fenómeno, se debe realizar un diagnóstico del conjunto de actividades que se realizaron en el proyecto, partiendo desde la concepción del diseño hasta su ejecución, a fin de conocer si éstas fueron llevadas a cabo bajo todas las consideraciones iniciales de diseño y si no existieron fallas en una o varias de sus etapas.

Con la presente investigación, se pretende dar a conocer la importancia de la elaboración de términos de referencia y las repercusiones que estas pueden tener en cuanto al diseño de proyectos y su ejecución, para ello se tomará un proyecto que haya presentado diferencias entre su diseño y la obra realizada. Para finalmente recomendar mejoras a los términos de referencia, específicamente en los siguientes alcances: obra de drenaje, estudio geotécnico y estructura de pavimento.

## 1.2 ANTECEDENTES

En todo proyecto de infraestructura vial es necesario contar con un diseño de ingeniería, que contenga una serie de trabajos y estudios previos, para un desarrollo adecuado del mismo, para ello es de vital importancia poseer documentos contractuales que reflejen las condiciones particulares del sitio en estudio, que nos indiquen la metodología a seguir y proporcionen el tiempo suficiente para la realización del diseño.

En nuestro país, en los últimos años se han presentado graves problemas en la ejecución de proyectos viales, debido a diseños de ingeniería que no reflejan la situación real del mismo, al momento de ejecución de la obra.

Lo anterior ha comprometido la funcionalidad, seguridad y calidad de los mismos; y, en el peor de los casos, la no conclusión de las obras.

Muchos de estos problemas se han originado por una investigación inadecuada y deficiente en aspectos como: tráfico, geológicos-geotécnicos, hidrológicos, topográficos, medio ambientales, derecho de vía, entre otros.

Entre los casos que han tenido gran relevancia a nivel público podemos mencionar el proyecto “Rehabilitación de la carretera CHA07E-CHA09S, tramo ET. CHA08E en Arcatao, Chalatenango”, de acuerdo a su diseño original se atendería 22.6 km, sin embargo se concluyeron únicamente 13 km, mientras que el tramo restante de 9.6 km no se podrán ejecutar con los fondos que inicialmente fueron destinados para este proyecto, lo que genera pérdidas directas para el estado, además de la realización de obras adicionales, honorarios para procesos legales, realización de nuevos diseños y nuevos procesos de contratación, etc.

El proyecto mencionado anteriormente es un ejemplo claro de la discrepancia que existe entre el diseño del proyecto y las condiciones reales del sitio al momento de la construcción.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante los últimos años se ha dado a conocer a nivel público sobre proyectos viales en El Salvador que presentan graves deficiencias en su diseño, a tal grado que las carreteras no son finalizadas tal como fueron proyectadas, porque a medida que se avanza en la ejecución del mismo, surge la necesidad de incurrir en ordenes de cambio por incremento, para lograr cumplir con los alcances contemplados en el diseño, cabe mencionar que este aumento no puede ser superior al 20% del monto original del contrato<sup>1</sup>, sin embargo este incremento no siempre es suficiente para concluir las obras, tal y como fueron diseñadas. Por lo que se requieren contratos complementarios que permita concluir las.

La construcción de proyectos viales con complicaciones, genera enormes pérdidas al estado por recurrentes intervenciones por mantenimiento, a consecuencia de diseños poco elaborados; comparándolos con aquellos proyectos que se ejecutaron de acuerdo con un diseño que refleja las condiciones reales del sitio. Es de mencionar que un diseño, no se evalúa simplemente la estructura de pavimento, sino también obras de paso y otras estructuras como: drenajes, taludes y muros; que se encuentran a lo largo de la vía, por lo que se debe dar atención a estos, ya que si colapsan pueden causar daños en la vía e interrumpir el flujo vehicular.

La parte económica no es el único problema que genera un diseño deficiente, si no también se debe considerar el impacto directo a la población de la zona, por la no conclusión de obras en el tiempo especificado o por molestias generadas a los usuarios por repetidas reparaciones en la vía.

<sup>1</sup>Máximo porcentaje de incremento permitido en el monto de contrato, establecido en Art. 109 Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública - LACAP.

Además es importante mencionar el Coste de Oportunidad que paga el país por la no finalización de una obra vial que ya se encuentra planificada y contratada, lo que ha dado paso a investigar por qué existen grandes diferencias en el diseño proyectado y la obra ejecutada.

Por lo anterior, es importante determinar las causas que originan la deficiencia en los diseños, así como la incidencia de sus costos en la construcción; costos que no permiten al propietario terminar las Obras en el Plazo Contractual y con el monto presupuestado.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar los términos de referencia de concursos de diseño de proyectos viales de baja intensidad de tráfico y así determinar las repercusiones que estos generan durante la etapa de construcción, en base a experiencias salvadoreñas.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Seleccionar un proyecto de diseño de obra vial de baja intensidad de tráfico, en el que haya existido discrepancias entre su diseño original y la obra ejecutada, para el cual se proporcione por parte del propietario toda la información necesaria para la realización de esta investigación.
- Conocer las repercusiones económicas que genera el diseño del proyecto vial seleccionado, durante su ejecución.
- Recomendar mejoras en los términos de referencia de los concursos de diseño en obras de ingeniería vial de baja intensidad de tráfico, en los siguientes alcances: estudio geotécnico, obras de drenaje y estructura de pavimento.
- Determinar el impacto económico que generan para el país diseños de proyectos viales que no corresponden a las condiciones reales del sitio.

## 1.5 ALCANCES

- Revisión de términos de referencia actuales de concursos de diseño de proyectos viales de baja intensidad de tráfico.
- A través de la investigación, se pretende conocer los principales factores causantes que conllevan a la ejecución de proyectos viales que no son realizados de acuerdo al diseño original.
- Estudiar documentos en los que se basa la elaboración de términos de referencia de proyectos viales de baja intensidad de tráfico.
- Formular recomendaciones para la mejora de términos de referencia de diseños de proyectos viales de baja intensidad de tráfico, en los siguientes alcances: estudio geotécnico, obras de drenaje y estructura de pavimento.
- Mediante la recopilación y análisis de la información se podrá estimar los costos económicos adicionales que generan a la nación, los proyectos de ingeniería vial no congruentes con su diseño original.

## 1.6 LIMITACIONES

- En nuestro país han existido un sin número de proyectos viales que no han contado con un diseño adecuado, sin embargo en el desarrollo de esta investigación se escogerá un proyecto para su respectivo análisis.
- La selección del proyecto a estudiar, está sujeta a la disponibilidad del acceso a la información que brinda la institución propietaria del proyecto, ya sea el Ministerio de Obras Públicas o el Fondo de Conservación Vial, es decir se escogerá aquel proyecto que cuente con la información más completa, para el desarrollo de esta investigación.
- La investigación se realizará en base a documentación recopilada del proyecto en estudio, misma que sustente el proyecto desde sus inicios hasta la conclusión del mismo.
- La limitada información que existe referente a la elaboración de términos de referencia de proyectos viales.

## **1.7 JUSTIFICACION**

La importancia del presente estudio radica en formular propuestas de mejoras en la elaboración de términos de referencia en proyectos de diseño de obras viales de baja intensidad de tráfico, ya que la claridad de los mismos es la clave para propuestas de buena calidad.

En nuestro país han existido proyectos que han sido finalizados con diseños que difieren de su propuesta inicial, es por ello que es importante identificar las causales de error en el diseño de proyectos, además cuantificar los costos adicionales que el propietario debe incurrir para completar una obra, sin sacrificar la calidad de la misma.

Si una obra no tiene diseño, o su diseño es incorrecto, se expone a sufrir daños muy pronto (pérdidas de servicio y de su valor), o la no conclusión del mismo, como se ha observado en algunos casos en nuestro país.

La realización de proyectos viales de baja calidad equivale a desperdiciar recursos, ya que pronto se requieren reparaciones, aumento en el tiempo de ejecución, lo que produce molestias a los usuarios y pobladores de la zona.

Todo proyecto vial debe contar con estudios básicos y diseño apropiado para iniciar la construcción. Un buen Diseño de Proyecto, permite asegurar la durabilidad de la Obra Vial y se traduce en ahorro de dinero para el País.

El estudio de las experiencias de nuestro país, en discrepancias de Diseños de Proyecto vs. Ejecución de Obra, nos permitirá conocer las principales causales de la deficiencia en los Diseños de Ingeniería en Obras Viales.

## **CAPITULO II**

---

MARCO TEORICO

## **2.1 INTRODUCCION**

En el presente capítulo se presentan cada uno de los alcances que contienen los términos de referencia (TDR) de concursos de diseño de mejoramiento de caminos rurales, con el objeto de conocer detalladamente los mismos, los TDR muestran el procedimiento a seguir por el consultor, en cada una de las diferentes disciplinas necesarias para realización de proyectos.

Lo anterior nos permitirá hacer una evaluación de los mismos al momento de la construcción.

Además, se añade el término constructibilidad y se da a conocer la importancia de su inclusión, en la elaboración de proyectos.

## **2.2 TERMINOS DE REFERENCIA.**

Es el documento que sirve como la base de la relación contractual entre el propietario de un proyecto y el responsable de la elaboración del diseño del mismo. Los términos de referencia contienen las especificaciones técnicas, objetivos y estructura de como ejecutar un determinado estudio, trabajo o proyecto.

- Describe detalladamente donde ha de ejecutarse el estudio o trabajo.
- Define el objetivo general y los objetivos específicos.
- Define el tiempo disponible.
- Detalla los requisitos de los técnicos que han de participar, como especialidades y tiempos mínimos que han de dedicar al estudio o trabajo.
- Detalla los resultados esperados y contenidos de los informes, entre otras cosas.

Crear términos de referencia detallados es importante, pues ellos definen:

- Visión, objetivos, alcance y resultados (qué debe ser alcanzado).
- Componentes, roles y responsabilidades (quién tomará parte en ello).
- Recursos, finanzas y planificación de calidad (cómo será alcanzado).
- Desglose del trabajo y calendarización (cuándo será alcanzado).
- Factores de éxito/riesgos y restricciones.

Los TDR conforman una especie de mapa que nos indica los pasos a seguir en un proyecto, desde la etapa de diseño hasta la construcción del mismo; es decir, generan una lista de resultados que concuerden con los requerimientos, alcance y limitaciones existentes para el desarrollo del proyecto.

Los TDR es la primera etapa en el ciclo de un proyecto, su elaboración debe estar de acuerdo a las necesidades y a las particularidades del lugar los alcances que se quieren lograr.

## **2.3 CONSTRUCTIBILIDAD DE PROYECTOS**

### **Definición**

Constructibilidad se define como “la metodología que proporciona al diseño de proyectos la facilidad de construcción, estando sujeta a todos los requerimientos necesarios para llevarla a cabo”. Es una definición centrada en la relación entre el diseño y la construcción que reconoce la trascendencia de la toma de decisión en la etapa de proyecto.

Además el CII ( Construction Industry Institute) propone una definición con un ámbito de aplicación mucho más amplio que el antes mencionado, que define esta técnica como un sistema para conseguir una óptima integración del conocimiento y experiencia constructivos en las operaciones de planificación, ingeniería y construcción, orientado a

tratar las peculiaridades de la obra y las restricciones del entorno con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto.

### Objetivos de la Constructibilidad

Los objetivos de la constructibilidad están limitados por el ámbito que pretende cubrir y su ámbito de aplicación a la relación entre diseño y construcción (lo cual se visualiza en la figura 1).



Figura 1. Visualización de constructibilidad, entre etapa de diseño y construcción de proyectos.

La constructibilidad desarrolla todo su potencial cuando se reconoce la complejainteracción de los factores que afectan a los procesos de diseño, construcción y mantenimiento en el ámbito del proyecto. Por tanto, su objetivo no está orientado únicamente a la facilidad de construcción del proyecto, sino que intenta ser un sistema por el cuál se busca la facilidad constructiva y la calidad del producto resultante en lasdecisiones acerca de la ejecución de la obra, como respuesta a los factores que influyen en el proyecto (tanto exógenos como endógenos) y los objetivos del mismo. Por tanto, la constructibilidad no finaliza con la ejecución de la obra, sino que engloba las actividades de mantenimiento (instalaciones, reposición de materiales, entre otros) con una importancia análoga.

### Principios de la constructibilidad

Se han identificado doce principios de la constructibilidad, las cuales se detallan a continuación:

1. **Integración.** La constructibilidad debe de ser una parte integral del plan del proyecto.
2. **Conocimiento constructivo.** El plan del proyecto debe contar con conocimiento y experiencia constructiva.
3. **Equipo experto.** El equipo debe de ser experto y de composición apropiada para el proyecto.
4. **Objetivos comunes.** La constructibilidad aumenta cuando el equipo consigue el entendimiento del cliente y los objetivos del proyecto.
5. **Recursos disponibles.** La tecnología de la solución diseñada debe de ser contrastada con los recursos disponibles.
6. **Factores externos.** Pueden afectar al coste y/o programa del proyecto.
7. **Programa.** El programa global del proyecto debe ser realista, sensible a la construcción y tener el compromiso del equipo del proyecto.
8. **Métodos constructivos.** El proyecto de diseño debe de considerar el método constructivo a adoptar.
9. **Asequible.** La constructibilidad será mayor si se tiene en cuenta una construcción asequible en la fase de diseño y de construcción.
10. **Especificaciones.** Se aumenta la constructibilidad cuando se considera la eficiencia constructiva en su desarrollo.
11. **Innovaciones constructivas.** Su uso aumentará la constructibilidad.
12. **Retroalimentación.** Se aumenta la constructibilidad si el equipo realiza un análisis de postconstrucción.

Los participantes en el proyecto tendrán diferentes funciones y responsabilidades con respecto a los doce principios mencionados; sus decisiones deben ser coordinadas para conseguir optimizar el rendimiento constructivo del proyecto. En este sentido es muy importante un marco de trabajo para la implementación del denominado “plan de constructibilidad” que identifica y coordina las funciones de decisión y responsabilidades del proyecto particular de cualquier participante durante el ciclo de vida del proyecto. Esto permite que los planes de constructibilidad sean llevados a cabo

mediante proyectos particulares, que permiten a cada participante identificar sus funciones y responsabilidad, además de observar lo que tiene previsto hacer el resto, en cada fase del ciclo de vida.

De este modo se consigue una mejor coordinación e integración.

### **Práctica deconstructibilidad**

Para implementar con éxito la constructibilidad, el propietario o cliente debe dejar claros los objetivos prioritarios del proyecto y permitir que la constructibilidad sea valorada como un atributo del rendimiento del mismo. Dichos objetivos deben de ser claramente identificados por los miembros del proyecto para conseguir un buen desarrollo de esta metodología, pero también es muy importante tener en cuenta la idea remarcada a lo largo de esta tesis relativa a que las decisiones tomadas en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto, tienen un potencial de influencia sobre el resultado final del mismo mayor al de las tomadas en las últimas fases de éste. Por lo tanto, es de vital importancia la toma de decisión en el diseño y construcción desde el primer momento.

La clave para conseguir una implementación con éxito de la constructibilidad radica en una comunicación efectiva entre los miembros del equipo, donde el diseño, la forma de construir y el compromiso con esta metodología facilitan la interrelación de estos, en un contexto de trabajo en equipo multidisciplinar. Es necesario que en los términos de referencia se introduzca durante la planificación y el diseño de obras el concepto de constructibilidad.

### **Constructibilidad y etapa de uso**

Es muy importante la relación entre la constructibilidad y el proyecto en uso. En las primeras etapas se toman decisiones que tienen relevancia en aspectos tan trascendentales como, por ejemplo, la facilidad de acceso a los diversos componentes para su mantenimiento o reposición. Por tanto, existe una relación entre las decisiones

tomadas en las primeras etapas y los efectos que a posteriori tendrán sobre el proyecto construido y en uso.

Por otro lado, el desempeño o rendimiento en uso del proyecto no debería ser considerado en una única fase del ciclo de vida, debe ser considerado en todo el ciclo y además, de todo el proyecto en su conjunto. Su rendimiento a lo largo del ciclo de vida es determinado por las características de su diseño original, su construcción, mantenimiento y cambios. Por tanto, el nivel de rendimiento del proyecto depende en gran parte de la calidad de las decisiones tomadas en las primeras etapas del proyecto.

En este sentido, adquiere una especial trascendencia la gestión de la información, sobretodo en las primeras etapas y se consideran cinco elementos importantes para la práctica de esta técnica:

- i. Plan de acción orientado a la constructibilidad.
- ii. Descripción integrada del proyecto que incluya decisiones anteriores y su justificación.
- iii. Acceso a la información.
- iv. Uso de las herramientas de decisión más relevantes y técnicas de evaluación.
- v. Comunicación y coordinación entre los miembros del proyecto.

### **Beneficios de la constructibilidad**

Sehan identificado los siguientes beneficios de la aplicación de esta técnica:

- i. La contribución del personal de la construcción en el diseño de los proyectos es significativa.
- ii. Las relaciones iterativas entre la construcción y el diseño, en varias fases del proyecto, conlleva beneficios tangibles en cuanto a ahorro de coste, tiempo y facilidad de construcción.
- iii. La racionalización del diseño, la modulación y repetición de diseños detallados es esencial para alcanzar la constructibilidad.

- iv. La consecución de la constructibilidad viene condicionada por factores técnicos tales como sistemas y/o técnicas de construcción, programas de rendimiento temporal, etc. en el proceso de construcción.
- v. otros factores, asociados a la gestión del proyecto en construcción (comunicación, calidad de gestión) que deben ser considerados para alcanzarlo.

En cualquier caso, es muy difícil obtener una cuantificación de esos beneficios dado que muchos de ellos son cualitativos. De hecho, la suma del coste, tiempo y calidad relativos a estos aspectos no consigue cuantificar el impacto total de la constructibilidad.

Se puede llegar a la conclusión de que las ventajas de la aplicación de la constructibilidad son evidentes por si mismas y que sus principios se identifican con los de un buen equipo multidisciplinar. La constructibilidad, como se ha visto, trata la gestión del despliegue de recursos para lograr unos efectos óptimos. Esto supone conseguir una buena comunicación entre los miembros del equipo; todos ellos deben estar preparados para desarrollar su papel y en la gestión del proyecto desde su concepción hasta su utilización.

## **2.4 CONTENIDO DE DISEÑOS DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO.**

### **2.4.1 Alcance de los servicios de consultoría.**

Para que se pueda llevar a cabo la construcción posterior del proyecto, el Consultor debe realizar el Diseño Final y las Especificaciones Técnicas Particulares para Construcción del proyecto, de la manera estipulada en los TDR y atendiendo a las observaciones que la Gerencia de Estudios y Diseños Viales realice.

Los TDR presentan un esquema general del alcance mínimo de los servicios de consultoría que deben ser considerados y desarrollados por la empresa Consultora, en su respectiva propuesta técnica de las labores y la metodología a emplear.

A continuación se describen los principales ítems que se incluyen en los TDR que actualmente son utilizados en nuestro país.

#### **2.4.2 Diagnostico y evaluación de obras existentes.**

Para este aspecto, el consultor desarrollará un diagnóstico completo del camino, el cuál sirva de base para el desarrollo del estudio, realizando, sin limitarse a ellas, las siguientes actividades:

- Observar todas aquellas problemáticas particulares que la ruta presenta, identificando al mismo tiempo las deficiencias y puntos críticos, que ameritan algún tipo de soluciones específicas y que serán abordadas en el desarrollo del estudio.
- Encuestará e identificará los sitios aledaños al camino para verificar que tipo de servicios reciben los habitantes de dichas zonas (agua, luz, etc.) los cuáles evaluará, cotizará y plasmará en su debido momento si al caso estos se vean afectados por el diseño que se proyecte (ya sea por la planimetría o los niveles de altimetría), así como también plasmará en planos si es necesario la nueva ubicación de los mismos. Si los servicios a remover se encuentran dentro de la zona de dominio público del camino, costo y remoción de los mismos será de total responsabilidad del propietario del servicio, el Consultor solamente deberá hacer la identificación de los mismos y plasmarla de la manera como lo establecen estos términos.
- Identificará todas las estructuras de drenaje existentes, recopilando toda aquella información concerniente a dicha infraestructura, con el fin de determinar si la sección existente es suficiente para desalojar el caudal de cálculo de la cuenca a la que sirve y la posible afectación a la plataforma de la sección tipo del proyecto. Al mismo tiempo deberá realizar el diagnóstico de la condición estructural de todas las componentes de cada una de las obras de drenaje mayor y

menor. Este diagnóstico deberá ser acompañado de fotografías, estacionamiento, descripción del tipo de obras (puentes y/o bóvedas), planta y sección transversal de la obra, descripciones de la condición actual de cada una de estas obras de tal forma de documentar el estado actual de la obra, para que finalmente se viertan recomendaciones de intervención en estas obras y al mismo tiempo definir la necesidad de la construcción de nuevas obras, reparación o ampliación de las existentes.

- Identificará la categoría del camino de acuerdo al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de la SIECA, última edición y la Clasificación del Ministerio de Obras Públicas, basada en la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales.
  
- Adicionalmente en los lugares en donde se propongan mejoras a la geometría del proyecto y existan afectaciones al derecho de vía, el consultor deberá identificar el número de afectados, área del inmueble y área de construcción, así como el costo aproximado de adquisición.
  
- En la fase de diagnóstico se deberá presentar una evaluación de la condición de la estructura de pavimento actual en donde, en base a ensayos, investigaciones geológicas de campo, etc. se determinen las causas del acelerado deterioro que han tenido las vías, debiendo auxiliarse de matrices para analizar: suelos de subrasante, base, carpeta, aspectos de drenajes, subdrenajes, tráfico, etc. de tal forma que se identifique el origen de las fallas a lo largo del proyecto (dicho diagnóstico se realizara por tramos y se detallará las zonas con mayores daños ) y finalmente poder diseñar adecuadamente todos los componentes del proyecto.

## **2.4.3 Estudios de ingeniería básica**

### **2.4.3.1 Estudio de Tráfico**

Los objetivos principales de este estudio son: el cálculo de los volúmenes de tránsito que circulará por el camino, verificación de la sección típica de cada ruta y determinar su capacidad y los niveles de servicio en que operarían sin y con las distintas conexiones que tienen o tendrán a lo largo de su vida útil.

Adicionalmente, los resultados del estudio serán insumo para el diseño de pavimentos de las rutas incluidas en el estudio.

Para ello, el Consultor desarrollará un estudio de tráfico de la ruta en análisis. Deberá utilizar de forma general, toda la información de tráfico recopilada y existente para el camino, en el Sistema de Gestión Vial (SIGESVIES), lo cual deberá ser actualizada de acuerdo a los resultados del estudio de tráfico, para aplicarla, analizando los siguientes aspectos:

- Determinación de la Demanda a través de Conteos históricos y encuestas de tráfico
- Factores de expansión, volúmenes de tráfico Normal, Generado, Atraído y Desviado.
- Proyecciones del TPDA
- Capacidad y Niveles de Servicio
- Intersecciones con el objeto de obtener un buen diseño.

La información recopilada habrá de ser utilizada como fuente para determinar la correcta valorización de variables, características y resultados.

### **Datos de partida**

Se obtendrán los registros correspondientes a las estaciones de aforo existentes, situadas en el entorno del camino objeto del proyecto, así como los de la estación permanente representativa del corredor al que pertenece. La situación de las estaciones seleccionadas se indicará en un plano o croquis con la suficiente claridad y a escala adecuada, en el que se reflejará también las distintas vías interceptadas, incluyendo su denominación y las poblaciones que unen entre sí.

Se efectuarán los conteos vehiculares, necesarios y suficientes eligiendo los puntos más idóneos para definir el corredor de tráfico, a fin de determinar los volúmenes de tráfico, dividiéndolo cualitativamente en las categorías: Normal, desviado y generado, que circulan por el camino.

Los conteos deberán realizarse en seis(6) días continuos durante doce(12) horas, con el objeto de que se cubran las horas pico, indicando además en un plano, la ubicación de las estaciones de conteo utilizadas.

Se obtendrán también las características del tráfico de las vías interceptadas, con objeto de diseñar correctamente las intersecciones correspondientes a nivel.

### **Cálculo del TPDA en el año actual**

En base a los datos básicos de tráfico y si la longitud de la carretera proyectada lo amerita, se dividirá éste en varios subtramos.

El cálculo del TPDA correspondiente al año actual se hará, para cada uno de los tramos obtenidos, partiendo de los registros de datos de su estación representativa y aplicando las tasas de crecimiento anual deducidas de los últimos estudios del corredor en el que se integra. Se realizará además una estimación de vehículos pesados.

Estos valores podrán matizarse si se dispone de estudios concretos relativos a tramos adyacentes que puedan considerarse representativos o al corredor en el que se integra el tramo sujeto de estudio.

### **Previsión de la demanda futura**

Se realizará de la siguiente manera:

- Período de diseño: 10 años
- Crecimiento medio anual: Se proyectará el TPDA en el año actual con la tasa de crecimiento que corresponda.
- Intensidad horaria pico: Se adoptará el valor deducido del Manual de Capacidad de Carreteras (HighwayCapacity Manual), o en su defecto el 10% del TPDA calculado, para la que se estimará el porcentaje de vehículos pesados correspondiente.

Los resultados se recogerán en un cuadro resumen suficientemente claro, en el que se indicará, para cada tramo y para cada una de las hipótesis de crecimiento medio anual, anteriormente enumerados, el TPDA correspondiente a cada año del período de diseño.

Se tendrán en cuenta los tráficados debidos al desarrollo de la zona, tráficados atraídos, generados e inducidos, haciendo los ajustes correspondientes en las proyecciones del TPDA.

Con los resultados de este estudio, deberán tomarse todas las consideraciones para el mejoramiento de la vía (según categoría, superficie de rodamiento, etc.). Deberá realizar el análisis de capacidad y niveles de servicio del tráfico en el horizonte de diseño con el fin de aprovechar al máximo la geometría existente y con el propósito de tomar una decisión para optimizar la inversión a ejecutarse.

### **2.4.3.2 Estudio Topográfico.**

El Consultor deberá recopilar toda la información geodésica y fotogramétrica que sirva de base para establecer la ubicación geográfica de la ruta.

El Consultor establecerá una Red de Control Primario con pares de puntos monumentados con mojones de concreto los cuales garanticen su permanencia, debiendo establecerse éstos fuera del derecho de vía del camino y de no poder hacerlo debido a la topografía del mismo ubicarlo en los laterales de la vía (en ningún caso, ubicados en la zona de rodaje), previendo con ellos su remoción por eventuales trabajos de mantenimiento.

Los puntos de cada par deberán ser observables uno del otro y tendrán una separación mínima de 50 metros.

La separación máxima, entre pares de punto, se detalla acorde al terreno de la siguiente forma:

Terreno Plano	5.0 Km
Terreno Lomerío	4.0 Km
Terreno Montañoso	3.0 Km
Terreno muy montañoso	1.5 Km

Los puntos de esta red deberán ser establecidos por el Instituto Geográfico del Catastro Nacional (IGCN) del CNR, ya sea en mojones geodésicos existentes o, de preferencia, mediante dispositivos GPS, y nivelación con nivel electrónico.

En su defecto, se aceptarán puntos establecidos mediante redes triangulares que llenen los siguientes requisitos:

Precisión de primer orden Clase II, con monumentado permanente, tal como se detalla en la tabla 1 Grados de Precisión de las Redes de Control.

Se dejará constancia en el terreno de los vértices de la Red de Control Primario mediante hitos monumentados, clavos de acero recibidos con concreto u otro medio que garantice su permanencia. De cada uno de ellos se realizará un croquis con referencias, coordenadas, cota y una fotografía a color, que se recogerán en el apartado de topografía, de la memoria descriptiva. Para la Red de Control Primario, los puntos deberán tener como referencia, dos monumentos semipermanentes, cuyas coordenadas deberán ser registradas en libretas y planos.

Se amarrará en planta con la red geodésica nacional y se les dará elevación geométrica a partir de un punto de la red de Nivelación de precisión, amarrando en otro de la misma red, o mediante un itinerario de ida y vuelta al primer punto. En caso que debido a la posición de los vértices de la poligonal resulte difícil o comprometido realizar la citada nivelación, se dará a cada uno de los vértices cota trigonométrica desde al menos tres puntos enlazados con la red de nivelación, por lectura recíproca y simultánea entre el vértice y cada uno de ellos, tomando como cota definitiva la media de las obtenidas.

Se incluirán en la memoria descriptiva, las reseñas de los vértices, tanto de la Red de Control Primario como la de los puntos de apoyo y se dibujarán en los planos de la cartografía que resulte más adecuada. Asimismo se incluirá el cálculo de la poligonal y el orden de observación seguido.

Partiendo de la Red de Control Primario, se establecerán nuevas Redes de Control de aproximación al trazado definitivo, cumpliendo cada una de ellas, la precisión detallada en la Tabla 1: grados de precisión de las redes de control, de acuerdo al grado.

La separación de los puntos de la red de control secundario deberá ser, en lo posible, del orden de 500 a 1,500 m. Si el error de cierre es inferior a lo especificado, se deberá efectuar una compensación de la misma con el método de los mínimos cuadrados, por

segmento de red y simultáneamente todos los circuitos y poligonales que conecten dos pares de puntos de la red de control primario.

A los puntos de esta red se les dará nivel partiendo de los niveles de la red de control primario, por medio de nivel fijo, ya sea óptico o de preferencia electrónico, con la precisión detallada en la Tabla 1: grados de precisión de las redes de control. Estos niveles deberán ser compensados si el error de cierre es inferior a lo especificado, a fin de ser repartido el mismo. En el caso de que dicho error supere lo especificado, se deberán revisar las medidas efectuadas, a fin de que el levantamiento llene este requisito.

Para todos aquellos tramos en los que los puntos de la Red de Control Secundario estén separados más de 1,000 metros, o exista una distancia considerable al área de levantamiento, deberá establecerse una Red de Control Terciario con los requisitos de la Tabla 1. Estará formada por poligonales que unan puntos de las redes de control primario o secundario, a lo largo del proyecto, de tal forma que exista un punto de control fuera de lo que se prevé serán los laterales de construcción, a cada 500 metros, como máximo. Los puntos de la red serán nivelados con nivel fijo. En el caso de que esta red terciaria posea un error de cierre inferior a 1:10,000, será necesario efectuar la compensación. En ningún caso el error de cierre debe sobrepasar el permisible.

En el caso de levantamientos de enlaces e intersecciones y de obras de paso que posean una luz total de 12 metros ó más, se establecerá un par de puntos observables entre sí, con una separación del orden de 300 metros, unido a las otras redes por puntos en común o poligonales de conexión, estableciéndose la nivelación de la misma desde las redes de control del tronco vial.

Una vez establecidos los puntos de la redes de control secundario y terciario, se dejará constancia en el terreno de los vértices de la misma mediante hitos monumentados, clavos de acero recibidos con concreto u otro medio que garantice su permanencia. De cada uno de ellos se realizará un croquis con referencias, coordenadas, cota y una

fotografía a color, que se recogerán en el apartado de topografía, de la memoria descriptiva.

Las redes de control, serán recibidas en campo por el propietario, una vez se haya concluido su trazo, debiendo comunicar al comité técnico de seguimiento y al propietario, la finalización de la actividad, para lo cual deberá proporcionar los datos crudos del levantamiento en formato digital, todo esto antes de iniciar el mapeo o levantamiento de detalles.

#### **2.4.3.2.1 Cartografía**

Una vez concluido el trazo de las redes de control, el consultor desarrollará todos los trabajos y estudios de topografía, generales y de detalle, necesarios para obtener una cartografía del terreno que sirva de base para la confección de los planos de todas las unidades que componen el proyecto, y los referentes a la gestión de adquisición de derechos de vía. Preparará también las referencias topográficas en el terreno.

Los resultados finales del estudio topográfico, será una serie de archivos en AUTOCAD, en los que se deberá reflejar al menos los siguientes elementos:

1. Trazo del camino y obras viales existentes
2. Edificaciones y estructuras existentes en la vía.
3. Servicios Públicos
4. Drenajes existentes
5. Pavimentos existentes
6. Puentes y obras de paso existentes
7. Cercos y divisiones de propiedades
8. Desarrollo de los taludes laterales
9. Ríos, quebradas, cauces y cuerpos de agua.

10. Curvas de nivel que reflejen los accidentes topográficos

11. Otros elementos que puedan resultar de interés para cada proyecto en particular.

A continuación se muestra la tabla 1, en la cual se definen los parámetros de precisiones en cuanto al levantamiento topográfico.

<i>Ítem</i>	<i>PRIMER ORDEN</i>		<i>SEGUNDO ORDEN</i>		<i>TERCER ORDEN</i>	
<b>CONTROL HORIZONTAL</b>						
	<i>Clase I</i>	<i>Clase II</i>	<i>Clase I</i>	<i>Clase II</i>	<i>Clase I</i>	<i>Clase II</i>
Precisión relativa entre puntos directamente conectados, antes de compensación angular (como mínimo)	1 parte en 100,000		1 parte en 50,000	1 parte en 20,000	1 parte en 10,000	1 parte en 5,000
<b>CONTROL VERTICAL</b>						
Precisión relativa entre puntos directamente conectados o entre bancos de marca (error permisible de cierre)	4mm $\sqrt{k}$	5mm $\sqrt{k}$	6mm $\sqrt{k}$	8mm $\sqrt{k}$	12mm $\sqrt{k}$	
<b>REQUISITOS DE POLIGONALES</b>						
Separación recomendada de puntos de la poligonal	Puntos de la red Geodésica, entre 10 y 15 Km. Otros puntos, Más de 3 Km		4 Km	2 Km	1 Km	1 Km
Menor lectura angular horizontal del aparato	0.2"		0.2"	0.2"	1.0"	1.0"
Número de observaciones horizontales	16		8	6	4	2
Diferencia límite del promedio para descartar lectura	4"		4"	4"	5"	5"
Número y rango entre observaciones de ángulos verticales	3 D/R 10"		3 D/R 10"	2 D/R 10"	2 D/R 10"	2 D/R 10"
Número máximo de puntos en una poligonal	5 ó 6		10 a 12	15 a 20	20 a 25	30 a 40
Máximo error permisible en el cierre angular	2" $\sqrt{n}$		3" $\sqrt{n}$	6" $\sqrt{n}$	10" $\sqrt{n}$	30" $\sqrt{n}$

K: kilómetros de itinerario

D/R: una observación con una lectura normal y la otra lectura con vuelta de campana (imagen invertida)

n: número de puntos en la poligonal.

**Tabla 1. Grados de Precisión de las Redes de Control (Tomado de términos de referencia de diseño del proyecto "Mejoramiento del Camino Rural USU27E, Entre Cantón La Canoa (Et. USU08S) – Corral de Mulas"**

### **2.4.3.3 Estudios de Climatología e Hidrología.**

El estudio climatológico e hidrológico de la zona del proyecto tiene por finalidad el conocimiento de las condiciones climáticas e hidrológicas del entorno afectado por las obras.

#### **2.4.3.3.1 Estudio Climatológico**

##### **Datos de partida**

Se consultarán las publicaciones existentes de la división de meteorología e hidrología del sistema nacional de estudios territoriales (SNET) o cualquier otro organismo, en lo referente a los datos climáticos de la zona del proyecto los cuáles se deberán presentar debidamente sellados y firmados. Caso que la obra esté situada en un lugar en el cuál algunos de los datos recogidos en dichas publicaciones no sean representativos por estar basados en estaciones climatológicas alejadas de la traza, se elaborará un estudio específico partiendo de los datos disponibles de la división de meteorología e hidrología.

El estudio climatológico se orientará a la definición de los principales rasgos climáticos de la zona, para establecer basándose en ellos, la incidencia que éstos tendrán en la obra, determinando los coeficientes o valores medios de aprovechamiento de días laborales para la realización de las principales unidades de obra, así como la definición de los índices agro climáticos que servirán de partida para el diseño a realizar.

Es preceptiva la incorporación de los datos originales suministrados, así como el proceso seguido para su selección, en el que se tendrán en cuenta condiciones de proximidad a la traza, número de años con datos completos y altitud de la estación de registro.

Se elaborará un cuadro resumen de estaciones seleccionadas con indicación expresa del código de identificación, cuenca hidrográfica en la que se localiza, tipo de estación

(pluviométrica, termopluiométrica, etc.), nombre, coordenadas, altitud, número de años con datos y número de años con datos completos.

Sobre un plano a escala adecuada, se reflejará la posición de las estaciones seleccionadas, indicando su nombre y código, así como la traza objeto del proyecto.

### ***Contenidos Mínimos***

El estudio se estructurará en tres apartados:

- Obtención, mediante estudios estadísticos, de las principales variables climáticas
- Clasificación e índices climáticos
- Determinación del número de días aprovechables en la ejecución de las obras

Dentro del apartado de las variables climáticas, se obtendrán las siguientes variables climáticas:

1. Precipitaciones
  - Precipitación media mensual y anual
  - Precipitación máxima en 24 horas (por meses y anual)
  - Precipitación máxima mensual
  - Número de días de lluvia
  - Número de días de tormenta
2. Temperaturas
  - Temperatura media mensual y anual
  - Temperatura media de las mínimas (mensual y anual)
  - Temperatura media de las máximas (mensual y anual)
  - Temperatura mínima absoluta (mensual y anual)
  - Temperatura máxima absoluta (mensual y anual)
  - Oscilación máxima de las temperaturas

### 3. Otros datos de interés

- Humedad media relativa
- Evaporación media diaria
- Número medio anual de días de sol
- Número medio anual de días despejados
- Análisis de los vientos dominantes (dirección, recorrido, velocidad, etc.)

Siempre que sea posible se presentarán los resultados en forma de gráficos con la especificación de los valores más representativos.

En el apartado de los índices climáticos, se incorporarán diagramas de cada una de las estaciones seleccionadas donde queden reflejados los períodos secos y húmedos a lo largo del año.

Para el estudio de los días aprovechables en la ejecución de las principales unidades de obra se tendrán en cuenta los valores anteriormente obtenidos, fijando el número de días aprovechables a lo largo del año y dando los meses del mismo en los que se pueden realizar las distintas unidades de obra más importantes de la vía, a saber:

- Movimiento de tierras
- Obras de concreto asfáltico
- Obras de concreto hidráulico
- Obras complementarias

#### **2.4.3.3.2 Estudio Hidrológico**

Este apartado deberá comenzar con una descripción general de la hidrología de la zona. Esta descripción servirá de base para estimar los estudios que se desarrollarán posteriormente y los datos necesarios a recopilar para ello.

El estudio hidrológico tendrá por finalidad el análisis del régimen de precipitaciones y del resto de características hidrológicas de la zona objeto del proyecto y las cuencas afectadas por el trazo, con el fin de poder determinar los caudales generados por éstas y dimensionar correctamente las obras de drenaje necesarias. Para lo cual se requiere que el consultor utilice un software para la modelación de cuencas hidrográficas.

Todos los valores que se obtengan, deben estar claramente justificados a partir de los datos de partida, del proyecto, tales como: la geología de la zona y las visitas realizadas al trazo, con especificación de los cursos de agua atravesados, manantiales, pozos, etc., que afecten directa o indirectamente el trazo. El Consultor deberá estudiar todas las condiciones de drenaje que puedan hacer obsoleta una obra.

### **Datos de partida**

Además de los datos pluviométricos de la División de Meteorología e Hidrología del SNET, los cuales se presentarán debidamente firmados y sellados, deberán tener el mismo tratamiento descrito para los datos climatológicos, se deberán mantener los contactos necesarios con los organismos afectados para recabar la información adicional disponible tales como aforos de cursos de agua, cotas de máxima avenida en embalses, etc., así como los condicionantes que afectarán en el diseño posterior de las obras de drenaje necesarias o interferencias con otros proyectos en el desarrollo.

### **Contenido**

#### i) Estudio de las precipitaciones máximas previsibles

Partiendo de los datos sobre precipitaciones diarias máximas, obtenidas en el apartado anterior, se realizarán las gráficas de frecuencia de precipitaciones máximas en los distintos meses del año para cada estación seleccionada.

Para este cálculo, se emplearán los datos recopilados en las estaciones pluviométricas seleccionadas, generando las series de precipitaciones máximas en 24 horas, con indicación del año y mes de ocurrencia, sobre las que se aplicarán las distribuciones de Gumbel.

Se realizará un cuadro resumen con las estaciones tratadas y las precipitaciones máximas adoptadas en ella para los distintos períodos de retorno (5, 10, 25, 50 y 100 años).

ii) Determinación de las curvas de Intensidad - Duración

Se definirán las curvas de intensidad – duración para los distintos períodos de retorno especificados anteriormente, de tal forma que entrando con una determinada duración de la lluvia nos defina la intensidad horaria necesaria para el cálculo del caudal de la cuenca. Para esto deberá presentar la respectiva memoria de cálculo.

iii) Estudio de cuencas

En los planos dispondrán de la topografía y curvas de nivel suficientes para que se observe el correcto trazado de las divisorias, estos planos se deberán presentar en una escala adecuada (1:25,000 ó 1:10,000 etc.), donde se visualice la delimitación de las diferentes cuencas del proyecto, conteniendo las respectivas curvas de nivel.

De cada cuenca se obtendrán las características físicas necesarias para el cálculo de los caudales en ella generados, realizándose los cuadros resumen necesarios donde se especifiquen, al menos, las siguientes características de cada cuenca:

- Nomenclatura
- Obra de drenaje prevista (indicar dimensiones si hay obras de drenaje existentes con su estacionamiento).
- Superficie de la cuenca hasta el punto de cruce con la vía (en  $\text{Km}^2$ )
- Longitud de la cuenca siguiendo el recorrido más largo posible de la escorrentía.
- Desnivel entre la cabecera de la cuenca y el punto de incidencia en el trazo
- Pendiente media resultante.
- Estacionamiento del punto de incidencia con el trazo con la cuenca
- Distintos usos de la tierra, especificando su incidencia en el total de la cuenca.

#### iv) Tiempos de concentración

Se determinarán los tiempos de concentración de cada una de las cuencas, especificándolos en un cuadro, donde se incluyan los valores de las cuencas anteriormente descritos.

#### v) Coeficientes de escorrentía

Se determinará el coeficiente de escorrentía de cada cuenca, en función de la vegetación, tipo de cultivo y tipo de suelo de la misma.

#### vi) Cálculo de los caudales

Para el cálculo de caudales máximos en cuencas naturales, con una superficie inferior a 1.5 km<sup>2</sup>, se puede utilizar el Método Racional, mientras que para superficies mayores se aplicarán otros métodos disponibles en software especializados para modelación de cuencas hidrográficas.

Para la utilización de software de modelación de cuencas hidrográficas se deberá incluir un resumen del procedimiento de cálculo realizado por dicha aplicación, mostrando las pantallas de entrada de manera que se puedan ver los datos base de entrada y salida (inputs-outputs del software) utilizados para el cálculo, así como una descripción y análisis de los parámetros empleados en el proceso. En caso de utilizar como complemento a la aplicación mencionada hojas de cálculo se deberán presentar en modo electrónico de manera que se tenga acceso al antecedente (fórmulas) utilizado para los cálculos.

Una vez calculados los caudales de las distintas cuencas se elaborará un cuadro resumen con la especificación de:

- Nombre de la cuenca (indicando su estacionamiento con el punto de incidencia del trazado)
- Obra de drenaje prevista (indicar dimensiones si hay obras de drenajes existentes y su estacionamiento)

- Superficie de la cuenca hasta el punto de cruce con la traza
- Tiempo de concentración
- Intensidad máxima horaria
- Coeficientes de escorrentía resultantes
- Caudales máximos para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.
- Estado de la Capacidad hidráulica de las obras de paso en el caso de las obras existentes.

El Consultor dentro de sus actividades deberá, sin limitarse necesariamente a ello, realizar lo siguiente:

- Revisará la capacidad hidráulica y las condiciones de flujo de las obras de drenaje existentes. Para la revisión de cada obra existente, así como para el diseño de cada obra nueva, deberá utilizar, el método de la FHWA, con control de entrada y salida, revisándose la capacidad de la tubería, los niveles de agua a la entrada y la salida y la velocidad en el cauce a la entrada y salida.
- Las obras existentes pequeñas deberán ser revisadas como alcantarillas (culverts y box culverts), es decir, deben ser calculadas mediante control de entrada o de salida solamente.
- Realizará el análisis de las condiciones del cauce aguas arriba y aguas debajo de las obras de paso, a fin de determinar el calado crítico, niveles de aguas máximas y velocidades de flujo, a fin de poder proporcionar un dimensionamiento adecuado a las obras de protección del cauce que sean necesarias (tales como muros guarda niveles, revestimientos, canalizaciones, etc.)

Estas condiciones pueden manifestarse en forma de insuficiencia hidráulica, erosión, azolve o alteración del cauce (esto último por razones como construcciones nuevas, canalizaciones, represas, etc.)

Esta revisión tomará en cuenta que los problemas de azolve o erosión son muchas veces producto de las condiciones del cauce en sí, por lo que no pueden resolverse

exclusivamente con el diseño de la obra en sí, sino que deben ser solucionados estudiando las condiciones de dicho cauce.

En las recomendaciones del estudio, se deberán incluir medidas para garantizar la suficiencia hidráulica de la obra, así como medidas de protección del cauce, tanto contra erosión como contra azolve. Asimismo se deberán proyectar las obras considerando la cama natural del cauce (sin azolve o con la erosión controlada) y bajo el supuesto que el mantenimiento rutinario es parte del diseño y de la vida de cada obra.

#### **2.4.3.4 Estudio Geológico**

El estudio geológico de los terrenos atravesados por la traza de la vía se realizará tomando como base los estudios previos de terrenos realizados por el Instituto Geográfico Nacional, donde figuran planos existentes a escalas 1:50,000 y 1:100,000 y la información bibliográfica disponible.

El mapa geológico existente de El Salvador y desarrollado por la Misión Alemana en el año de 1972, debe servir de base para la identificación de la estratigrafía regional, nomenclatura litológica y estructura tectónica.

Esta información se complementará con un estudio fotogeológico de la zona realizado en gabinete y una inspección sobre el terreno con el fin de determinar con exactitud los siguientes datos: litografía y estratigrafía, tectónismo, geomorfología e hidrogeología.

Los resultados deberán ser utilizados para complementar el mapeo de reconocimiento de campo, utilizando las fotografías aéreas a una escala nominal de 1:5,000.

El consultor deberá implementar un programa de investigaciones geológicas que incluya al menos las siguientes actividades:

1. Mapeo geológico y reconocimiento de campo, con el objetivo de identificar los materiales geológicos presentes en el área del proyecto.
2. Desarrollo de parámetros geológicos para utilizarlos en el diseño del proyecto.

En el mapeo geológico deberá incluir la identificación y descripción de al menos las siguientes características:

- Condiciones geomorfológicas,
- Ubicación y condiciones de afloramientos de roca existentes.

Se deberá prestar especial atención a las posibles zonas de alineamientos y fallas identificadas como de tipo local en los estudios foto geológicos, si existieren.

Se realizará un plano de planta geológica a la escala indicada en el apartado 2.3.6.1 Planos, con un ancho de banda mínimo de 500 metros, acompañado de la leyenda estratigráfica correspondiente y de la información Hidrogeológica (puntos de agua, fuentes, nacimientos de agua, etc.). Se acompañara de los planos a escala 1:50,000 y 1:100,000 existentes.

#### **2.4.3.5 Estudio Geotécnico**

Tendrá por finalidad definir la naturaleza de los materiales a excavar, modo de excavación y utilización de los mismos, la capacidad portante del terreno para soportar los rellenos a ejecutar, la forma de realizarlos, sus taludes, los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan, los coeficientes de seguridad adoptados, las medidas a tomar para incrementarlos, caso de no ser aceptables, y las medidas a tomar para disminuir los asentamientos y/o acelerarlos, de forma que se construya una subrasante segura para la colocación del pavimento y la operación de la vía.

La campaña geotécnica a realizar a lo largo de estas rutas, deberá tener como uno de los principales objetivos, obtener la información necesaria para plantear, al menos tres (3) alternativas de solución para la aparente inestabilidad de la subrasante existente y obtener la capacidad portante necesaria para colocar la estructura de pavimento más idónea de acuerdo a los requerimientos de las vías a rehabilitar. Las alternativas planteadas deberán ser evaluadas haciendo una comparación de las ventajas tanto técnicas como económicas, de manera que el propietario pueda tomar la decisión de implementar la más idónea.

Cabe recalcar que para obras que no se especifiquen (obras que resulten de los estudios realizados, metodologías constructivas, imprevistos, etc.), que en lo referido a los reglamentos para definir la calidad de los materiales, el procedimiento de las pruebas a realizar, la estabilidad de los taludes, etc. deben ser los de la norma técnica de diseño de cimentaciones y estabilidad de taludes de El Salvador o en su defecto normas generalmente aceptadas en el medio (AASHTO, ASTM, FHWA) previo a su aprobación Este apartado del Estudio comprenderá las siguientes fases:

#### **A. Establecimiento del Programa Geotécnico**

En el caso que hubiese necesidad de cambios de alineamiento que requieran actividades de relleno, deberá realizarse un programa geotécnico que fundamentado en la investigación sistemática de los terrenos a excavar, su clasificación frente a los medios de excavación y su utilización en la ejecución de rellenos y formación de la subrasante, junto al estudio de aquellos puntos del trazado en los que sea previsible la aparición de algún problema particular, siendo los más frecuentes los siguientes:

- Cortes :
  - Estabilidad
  - Presencia de niveles freáticos
  - Indeterminación en el modo de excavación
  - Hinchamiento (generalmente cuando se trata de suelos arcillosos)
- Rellenos :
  - Estabilidad
  - Terrenos de baja capacidad portante
  - Asientos excesivos
  - Altura importante (mayor de 10 metros)

Se dispondrá la investigación de campo de forma que sirva para el corredor y para el estudio de los problemas geotécnicos de las estructuras (cajas y/o puentes), especialmente de las estructuras situadas en cortes o en zonas donde se tenga que estudiar el cimiento del relleno.

El Consultor enumerará los trabajos geotécnicos que propone efectuar y todos los trabajos adicionales que se requieran. La investigación geotécnica de campo recomendable, como mínimo estará formada por las siguientes investigaciones:

1. Pozos a cielo abierto (PCA), toma de muestras alteradas.
2. Sondeos Mecánicos con extracción continua de testigos, entubados para la medición del N.F., si lo hubiera.
3. Ensayos S.P.T., toma de muestras representativas, toma de muestras inalteradas.

La investigación debe hacerse escalonada, de manera que se tenga un conocimiento del terreno que vaya de lo general a lo particular.

Por lo tanto se deben hacer, prioritariamente aquellas investigaciones, tales como son los pozos a cielo abierto, que son más rápidas de ejecución y permiten tener un primer conocimiento de la naturaleza del terreno, así como contribuir a detectar problemas no previstos.

Los sondeos mecánicos, de ejecución más lenta, con toma de muestras inalteradas, deben realizarse como apoyo a las primeras investigaciones y para estudiar aquellos problemas para los que, el empleo de los medios anteriormente citados no sean adecuados o suficientes.

Finalmente se llevarán a cabo, si son necesarias, pruebas complementarias específicas para cada tipo de suelo o roca.

Los Estudios de campo se llevarán a cabo según los procedimientos indicados en las normas existentes aplicables para cada tipo de trabajo o ensayo.

Se recomienda seguir el siguiente orden para adoptar la normativa a utilizar: ASTM o su equivalente AASHTO.

## **B. Realización de Exploraciones de Campo**

### **1. Reconocimiento general**

El objetivo de este reconocimiento es obtener un panorama general del tipo de suelos existentes y sus características. Con los resultados del reconocimiento general debe establecerse la estrategia a seguir para realizar el estudio geotécnico.

El reconocimiento debe incluir fotografías de los taludes existentes donde se observen los estratos de suelo, grietas o deslizamientos naturales, tipo de vegetación predominante, altura de agua máxima (en el caso de puentes o bóvedas) y nivel de agua subterráneo (mediante la revisión de los pozos de los alrededores).

### **2. Pozos a Cielo Abierto (PCA)**

Para evaluar la condición de la subrasante, y para determinar la profundidad de descapote, se realizarán pozos a cielo abierto de 1.50 metros de profundidad mínima, y a cada 500 metros sobre la traza como mínimo. De observarse a simple vista cambios de material substanciales en zonas intermedias se deberá realizar pozos adicionales. Por cada pozo se realizarán los ensayos determinados en la tabla 2. Ensayos de laboratorio mínimos.

Cada pozo a cielo abierto recibirá una identificación formada por una letra que indique plataforma, corte, relleno, préstamo, estructura, y un número de orden dentro de cada tipo. Cuando una tenga dos fines distintos se referenciará por los dos que corresponda.

De cada pozo a cielo abierto se tomarán coordenadas o referencias por distancias a puntos bien definidos de la cartografía 1:1,000. Todos los pozos a cielo abierto se representarán, reflejando su identificación en los planos geológicos a escala 1:5,000.

Es de mencionar que si al momento de la construcción del proyecto se encuentran situaciones geotécnicas que difieran con las adoptadas en el diseño, la consultora deberá realizar los ensayos necesarios para subsanar dicha situación y corregir el diseño en el tramo respectivo, por lo que debe contemplarse esta condición en la garantía de buen diseño.

A continuación se presenta la tabla N° 2, en la que se muestra los ensayos de laboratorio que deben realizarse, así como la frecuencia que deben realizarse.

Tipo de Ensayo	Cantidad de Ensayos			
	Vía	Rellenos	Cimentaciones	Bancos de préstamo ó Fuentes de material para terraplén ***
<b>1) Ensayos de identificación en suelos</b>				
Granulometría por tamizado por estrato	1 por cada PCA	1 cada 20m máx.	1 cada 10m máx.	1 por cada PCA
Límites de Atterberg por estrato	1 por cada PCA	1 cada 20m máx.	1 cada 10m máx.	1 por cada PCA
Materia Orgánica por estrato	1 por cada PCA	1 cada 20m máx.	1 cada 10m máx.	1 por cada PCA
Humedad Natural y densidad por estrato	1 por cada PCA	1 cada 20m máx.	1 cada 10m máx.	1 por cada PCA
Gravedad específica por estrato	1 por cada PCA	1 cada 20m máx.	1 cada 10m máx.	1 por cada PCA
Clasificación ASTM y AASHTO por estrato	1 por cada PCA	1 cada 20m máx.	1 cada 10m máx.	1 por cada PCA
<b>2) Ensayos de identificación en rocas</b>				
Determinación litología principal	1 por cada zona en la que se identifique roca			
Determinación de carbonatos, sulfatos, sílice, calcio y magnesio	1 por cada estrato rocoso identificado			
<b>3) Triaxial por estrato</b>	1 por eje*	1 por eje*	1 por eje*	1 por eje*
<b>4) Proctor Modificado</b>				Al menos 2 ensayos
<b>5) Compresión simple en rocas</b>	1 por cada estrato rocoso identificado			
<b>6) CBR de laboratorio</b>	1 por cada PCA			Al menos 2 ensayos
<b>7) Determinación del contenido de materia orgánica, sulfatos y carbonatos</b>				1 por cada PCA
<b>8) Desgaste de los Ángeles</b>				1 por cada PCA
<b>9) Análisis granulométrico en gravas y arenas</b>				1 por cada PCA
<b>10) Equivalente de Arena (yacimientos granulares)</b>				1 por cada PCA
<b>11) Ensayo de consolidación</b>		1 cada 20m máx.		

\* Se llama eje a la línea representativa de vía, taludes, rellenos, cimentaciones y de los Bancos de Préstamo donde se han hecho muestreos.

\*\* En el caso de taludes la cantidad de ensayos indicados deben realizarse tanto al pie como en la corona de los mismos.

\*\*\* En caso que se emplee el material excavado en el sitio como relleno se le deben hacer las pruebas indicada para Bancos

**Tabla 2. Ensayos de Laboratorio Mínimos (Tomado de términos de referencia de diseño del proyecto “Mejoramiento del Camino Rural USU27E, Entre Cantón La Canoa (Et. USU08S) – Corral de Mulas”**

### **3. Sondeos Mecánicos**

Los sondeos mecánicos a realizar en las investigaciones geotécnicas se harán por rotación, en los sitios donde se encuentre la necesidad de emplazamiento de estructuras, en cajas uno por cada 10 metros de longitud y en puentes uno por cada Estribo y por cada Pila (dado el caso que el claro lo requiriera).

Podrán realizarse por rotoperCUSión en el caso particular de suelos granulares tipo grava.

### **4. Ensayos S.P.T.**

Se ejecutarán siguiendo las especificaciones de la norma ASTM R-1586.

El consultor deberá aportar un esquema con fotografía de cada dispositivo de golpeo instalado en todas las máquinas de sondeo que realicen los trabajos de campo objeto del contrato. De cada dispositivo aportará un certificado de la energía efectiva que transmite en cada golpe al varillaje de penetración.

Los ensayos de penetración estándar (S.P.T.) se llevarán a cabo en las zonas de interés del proyecto (emplazamiento de estructuras, rellenos, etc.), a una separación máxima de 20 metros en suelos con cohesión y cada 10 metros en arenas, medidos sobre la traza de la vía. En la realización de los S.P.T., se pondrá especial cuidado en que los valores obtenidos sean representativos.

Las cimentaciones y estribos serán estudiados mediante la realización de al menos un ensayo S.P.T. en suelos cohesivos cada 5.0 m y en suelos granulares cada 3.5 metros sobre un eje representativo, realizando las pruebas de laboratorio indicadas en el estudio geotécnico.

En la columna del testigo se indicará la cota inicial y final del ensayo y el número de golpes por cada 15 cm. de penetración.

Para las estructuras, las perforaciones deberán llegar como mínimo a cinco (5) metros o hasta llegar bajo el inicio del estrato de fundación, lo que sea mayor.

### **C. Ensayos de Laboratorio**

Los ensayos de laboratorio a realizar con las muestras representativas e inalteradas obtenidas serán los adecuados, en cada caso, a los fines que se persiguen: idoneidad de los materiales para un determinado uso, carga sobre cimentaciones, asientos, etc. Todos los ensayos se efectuarán de acuerdo a la normativa ASTM o su equivalente AASHTO. Entre los ensayos mínimos a realizar se encuentran los siguientes:

- Ensayos de Identificación, que incluyen:
  - a) En Suelos:
    - Granulometría por tamizado
    - Límites de Atterberg
    - Materia Orgánica
    - Humedad Natural
    - Gravedad Específica.
    - Clasificación AASHTO Y ASTM.
  - b) En Rocas
    - Determinación de la litología principal
    - Análisis químico con determinación de carbonatos, sulfatos, sílice, calcio y magnesio.
- Triaxial
- Proctor Modificado
- C.B.R.
- Compresión simple en rocas
- Equivalente de Arena
- Determinación del contenido de materia orgánica, sulfatos y carbonatos
- Análisis granulométrico en gravas y arenas
- Desgaste de Los Ángeles
- Ensayo de Consolidación.

Todos estos se realizarán con la frecuencia y en la cantidad que se muestra en la tabla 2 de ensayos de laboratorio mínimos.

Las condiciones de drenaje, en los ensayos triaxiales en suelos, serán las representativas de las condiciones del problema que se requiere estudiar.

En los ensayos de laboratorio se hará constar, como observaciones al ensayo, cualquier anomalía que se presente durante su ejecución, así como si se han producido circunstancias que hagan el ensayo poco fiable.

Debido a que la Campaña Geotécnica mínima se encuentra definida, el consultor podrá proponer ensayos adicionales según su criterio.

### **Documentación**

Se realizarán los planos a escala necesarios que incluyan la situación en planta de la investigación geotécnica realizada y los datos más significativos y representativos de los mismos. En el caso particular de los sondeos se indicará la cota real de la boca del sondeo y su distancia al eje trazado.

Se confeccionará un gráfico resumen de cada sondeo que deberá contener toda la información necesaria para que, sin necesidad de acudir a los resultados de los ensayos de laboratorio, se tenga una clara idea de las características del terreno investigado. Como mínimo se reflejarán todos los datos geotécnicos de informes de campo, confeccionados por el técnico especialista, incluyendo los resultados de los ensayos “in situ” que se hayan efectuado en cada sondeo. Las descripciones que se incluyan deberán estar contrastadas y ser coincidentes con los ensayos de identificación y estado natural que se hayan efectuado.

Por tanto se deberán incluir de forma sintetizada los resultados de los ensayos de laboratorio siguiente:

- Identificación
- Determinación de humedad natural y densidad

- Resistencia del terreno, cohesión y el ángulo de rozamiento interno, indicando el método empleado (Prueba Triaxial) y las condiciones de drenaje de la muestra durante el ensayo.
- Deformación del suelo (cuando la altura del relleno a colocar se mayor o igual a 5.00 Mts.)
- Contenido de sulfatos, carbonatos y materia orgánica

#### **D. Conclusiones y recomendaciones.**

Sobre la base de la información geológica, las observaciones de campo y la investigación geotécnica de detalle, tanto de campo como de laboratorio, el consultor redactará un informe con el siguiente contenido:

##### **1. Perfil Geotécnico**

Sobre la base de la información geológica y geotécnica obtenida se realizará el perfil geotécnico de la traza a la escala indicada en **2.3.6.1 Planos**. La planta geológica se debe haber realizado anteriormente en el estudio geológico.

En dicho perfil se representarán la rasante de la traza y las obras a realizar, así como la situación de las investigaciones realizadas; pozos a cielo abierto y sondeos, que se anotarán con su proyección en el eje, su profundidad y la distancia al eje indicando si es a la derecha o la izquierda del mismo.

Al pie del perfil longitudinal se presentará la siguiente información:

- Indicación, por tramos, del espesor de la tierra vegetal
- En los rellenos el espesor de material a sustituir, una vez deducido el espesor de tierra vegetal.
- Asimismo se graficarán, al pie de cada perfil longitudinal, los pozos a cielo abierto y los sondeos mecánicos, con indicación simplificada de los materiales encontrados y su clasificación.

## 2. Subrasante

Se determinarán las características geotécnicas de la subrasante de cara a su empleo como cimiento del pavimento, para lo cual se realizarán, sobre las muestras de suelo extraídas, los siguientes ensayos de laboratorio:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Contenido de sulfatos
- Ensayos de compactación estándar
- Ensayo de capacidad portante (C.B.R.)

Todos éstos se realizarán con la frecuencia y en la cantidad que se muestra en la tabla 2 de ensayos de laboratorio mínimos.

Con los resultados anteriores, se zonificará el proyecto, y se delimitarán aquellas zonas en las que sea preciso mejorar o sustituir el terreno para conseguir las características exigidas en el estudio de pavimentos. Por este motivo o porque la distancia de transporte fuera excesiva, se estudiarán los posibles yacimientos para la obtención de material de préstamo.

En los casos que resulte necesario estabilizar la subrasante, el Consultor deberá estudiar al menos dos (2) alternativas de solución, para las que deberá realizar los ensayos a través de los cuáles se determine el espesor de la capa a estabilizar, y el porcentaje o dosificación del material estabilizante, los resultados de dichos ensayos deben quedar reflejados en el informe final presentado por el Consultor.

Existen dos tipos básicos de estabilización que pueden considerarse: Mecánica y Química, la primera consiste en un cambio de graduación mediante la mezcla de varios tipos de suelo de manera que la capa quede constituida de tal manera que cumpla con los requerimientos de su uso (base, subbase, subrasante), por lo que en el caso de emplear este tipo de estabilización el Consultor deberá presentar los ensayos granulométricos

necesarios y los cálculos realizados para obtener la dosificación requerida. Además deberá efectuar un tramo de prueba de al menos 100m, realizar un PCA, extraer muestras y efectuar ensayos Próctor modificado y de CBR.

Si el consultor recomienda una estabilización química con cemento se debe realizar el ensayo de Durabilidad por mojado y secado (DMS), de acuerdo a la AASHTO T – 134 y T – 135, se deben probar al menos tres contenidos de cemento y compactar las muestras con la norma AASHTO T – 34. El método de la resistencia a la compresión simple (PCA), en el que se emplea una correlación experimental entre la DMS y la resistencia a la compresión simple de las probetas, de tal manera que permite omitir el ensayo DMS y en su lugar ejecutar uno más simple de compresión uni-axial, se podrá emplear en el caso particular que el material a ensayar cumpla con los requerimientos siguientes:

- Contenido de limo + arcilla (fracción menor que  $50\mu$ ): menos del 50%.
- Contenido de arcilla (fracción menor que  $5\mu$ ): menos del 20%
- Contenido de grava gruesa (fracción mayor que la malla No. 4): menos del 45%.

En el caso particular que se determine que el material encontrado a nivel de subrasante se trata de un material plástico ( $IP > 8$ ) y por tanto susceptible a deformaciones, principalmente si se trata de una arcilla, el Consultor deberá optar por lo siguiente:

- Restituir el material
- Colocar sobre el material plástico un relleno de magnitud suficiente para consolidar el suelo plástico, para lo cual debe realizar los ensayos de consolidación y presentar el análisis respectivo con el que se determinó la altura del relleno.
- Estabilización química, para lo cual debe efectuar los ensayos detallados arriba.

El valor de Módulo de Resiliencia ( $M_r$ ), se obtendrá correlacionando con los resultados del C.B.R para efectuar un diseño preliminar del pavimento, posteriormente con los resultados de la prueba de laboratorio del Módulo de Resiliencia se verificarán los resultados y se realizará el diseño final de pavimento.

Finalmente se preparará un resumen en el que se enuncien los principales problemas geotécnicos del corredor, su localización y sus soluciones. Tanto en las Especificaciones Particulares como en el Presupuesto se recogerán estas modificaciones.

### **3. Cortes**

Se estudiará para cada uno de los cortes más importantes (altura mayor de 5 metros, afectaciones a propiedades colindantes, presencia del nivel freático, etc.) la estabilidad del mismo con indicación de los taludes mínimos a adoptar, en ambas márgenes de la vía, en función de las características geotécnicas de los materiales a excavar. Para realizar este estudio deberán efectuar los ensayos necesarios y para el análisis deberá utilizar un software adecuado, debiendo entregar los archivos de las corridas y datos de entrada para poder ser revisados por personal técnico del propietario. Este estudio deberá realizarse también para taludes que aunque no sean cortados por el proyecto, representen peligro para la estabilidad y seguridad del camino, lo cual deberá ser determinado en el diagnóstico realizado por el Consultor y por lo tanto deberán ser objeto de solución e incorporación al proyecto.

Se obtendrá el coeficiente de seguridad según diversos tipos de rotura y se determinará con cálculos complementarios, los refuerzos eventualmente necesarios. Por otra parte se definirá el ancho de bermas y cunetas necesario para asegurar una buena protección a la vía.

El análisis de la estabilidad de los taludes debe presentarse completa y de forma clara, especificándose todas las variables involucradas y los valores obtenidos como resultado.

En el caso de cortes menores, los taludes podrán asimilarse bien a los de mayor altura, de naturaleza similar, ya estudiados, bien a los observados en la zona de las obras. El Consultor deberá incluir en los planos un cuadro, en el cual indicará la inclinación sugerida para los taludes, por tramos a lo largo de la vía, según el tipo de material encontrado, indicando estacionamientos y la altura del mismo.

Se clasificarán los materiales procedentes de la excavación, para su uso en la formación de rellenos y subrasantes, de la forma indicada en la ejecución del perfil geotécnico. Se realizarán recomendaciones sobre la forma de excavación, conjuntamente con la utilización de los materiales en la formación de rellenos.

En los cortes en roca se indicará el porqué de la necesidad de hacer recorte y su justificación.

Se preparará un cuadro resumen con indicación por kilómetro de todos y cada uno de los cortes con los taludes recomendados en ambas márgenes.

#### **4. Rellenos**

Se fijarán, a la vista de las características geotécnicas de los terrenos atravesados por el trazo, y del material para la construcción de rellenos, los taludes recomendados, adoptando siempre valores conservadores compatibles con la mínima afectación al entorno de las obras.

Se analizarán, en aquellos rellenos sobre terrenos blandos y en los de altura superior a 10 metros (si llegara a darse el caso), los asientos previsibles y el tiempo necesario para alcanzar un determinado porcentaje de consolidación, compatible con que no se produzcan daños en el pavimento.

Se estudiarán las medidas a adoptar para acelerar y/o disminuir los asientos. En el caso de existir obras de paso, se estudiarán en especial los asientos de los rellenos en el trasdós de las obras a construir (estructuras, obras de drenaje mayor, etc.) para estudiar la mejor forma de ejecución de los estribos y la aparición de rozamiento negativo, caso de que estos hayan de ser pilotados.

#### **5. Cimentaciones.**

Las cimentaciones serán estudiadas mediante la realización de al menos un ensayo S.P.T. en suelos cohesivos cada 5.0 metros y en suelos granulares cada 3.5 metros sobre

un eje representativo, realizando las pruebas de laboratorio indicadas en el estudio geotécnico, con la frecuencia y en la cantidad que se muestra en la tabla 2 de ensayos de laboratorio mínimos.

La información geológica – geotécnica se elaborará partiendo de los datos básicos recogidos en el apartado del estudio geológico y se complementará con la observación directa del terreno, la toma de muestras de suelo y la realización de prospecciones y ensayos.

#### **2.4.3.6 Bancos de Préstamo, Yacimientos, Canteras y Botaderos.**

##### **Préstamos y Yacimientos Naturales**

Se realizará un estudio específico y detallado relativo a las posibles procedencias de materiales, considerando siempre el aspecto ambiental y la valoración del suelo.

Para cada préstamo o yacimiento se describirá con detalle su ubicación en los planos geológicos existentes y forma de acceso mediante croquis; realizándose, además, otro a escala 1:500 ó 1:1,000, según convenga, donde queden reflejados los límites previsibles del préstamo o yacimiento, así como la localización de los pozos a cielo abierto realizados para su investigación, indicando en cada punto donde se conozca, la realización de un pozo, acorde a cortes del terreno o cualquier otro dato fiable, el espesor mínimo aprovechable para el uso que se prevea, así como el espesor de suelo artificial a desechar. El número de pozos a cielo abierto a realizar y su distribución será el adecuado para conocer las características del préstamo o yacimiento y para obtener una medición fiable del volumen del mismo.

Se incluirán, junto al croquis, el corte de todos los pozos a cielo abierto efectuados con la identificación y clasificación de los suelos en todos los niveles diferenciados en el mismo.

Con el material proveniente de cada uno de los pozos a cielo abierto se realizarán ensayos de identificación: granulometría, límites, densidad aparente, (gravedad específica) materia orgánica, humedad natural, carbonatos y sulfatos (cualitativos). Para aquellos yacimientos granulares susceptibles de ser utilizados como agregados para concretos, se realizarán además equivalente de arena, desgaste Los Ángeles, carbonatos y sulfatos cuantitativos, etc.

Con los datos obtenidos para cada préstamo o yacimiento, se realizará una medición de la cantidad de material en volumen, contenido en el mismo, que se incluirá en el croquis, debiendo describirse asimismo la forma de explotación (cribado y clasificación, lavado, etc.)

De cada préstamo se tomarán muestras a granel, mezclando el material proveniente de varios pozos a cielo abierto para la realización de al menos dos (2) ensayos Próctor Modificado y dos (2) ensayos C.B.R.

Se tomarán fotografías en color del conjunto de cada préstamo o yacimiento, así como de los pozos, mostrando el corte general y el material obtenido en su excavación y detalle de al menos una de las caras interiores del pozo, eligiendo aquella que sea más representativa del material encontrado.

### **Canteras**

De cada una de las canteras se hará una descripción y se indicará la litología del posible material a extraer. Se comprobará si está en explotación y se obtendrá, en este caso, su capacidad de producción.

Se indicará la ubicación de cada uno de los aprovechamientos detectados, sobre el plano geológico, y se levantará un croquis acotado con el esquema de acceso a ella.

Para conocer las características más significativas de cara a su utilización se obtendrá, mediante los correspondientes ensayos, la siguiente información:

- Granulometría
- Coeficiente de desgaste de Los Ángeles
- Gravedad Específica.
- Estabilidad al  $\text{SO}_4\text{Mg}$  (%)
- Adhesividad al asfalto
- Carbonato cálcico (%)
- Coeficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.)
- Equivalente de Arena

Para las zonas de préstamos, yacimientos y canteras se estudiarán los datos de la propiedad en que están ubicados para ver la posibilidad de hacer una expropiación temporal para su utilización. También se tendrá en cuenta su ubicación en el entorno ambiental para que su explotación no produzca agresión alguna a éste, previéndose las medidas de corrección tras su explotación (plantaciones, explanación, etc.). Esto se cuidará especialmente en préstamos próximos al trazo.

### **Instalaciones de suministro**

Se investigarán y documentarán las instalaciones de suministros de materiales de construcción que pudieran emplearse en las obras:

- Fábricas de cemento
- Fábricas de concreto hidráulico
- Plantas y fábricas de productos para mezclas asfálticas
- Plantas y fábricas de productos de acero

De cada una de ellas se indicará su naturaleza, tipo y tamaño de las instalaciones, capacidad de producción, canteras y yacimientos granulares de los que se abastecen. También se recogerá la información de los ensayos de control de materiales y productos acabados disponibles.

Toda la información relativa a la procedencia de materiales se resumirá en un mapa de localización de préstamos, yacimientos y canteras sobre el plano geológico, en el que se ubicarán todos los puntos de aprovechamiento detectados, con indicación expresa del tipo de material existente: yacimientos granulares, cantera de Material volcánico, canteras de cuarcita, canteras de calizas, Plantas de concreto hidráulico y Plantas asfálticas.

Basándose en la ubicación de las distintas fuentes de materiales, y en función de su distancia a la zona de obras, se determinará el costo del transporte que debe incluirse dentro de la justificación de los distintos precios unitarios. En ningún caso podrán figurar, dentro de los cuadros de precios, unidades de obra cuya ejecución exija el empleo de materiales cuya procedencia no haya sido debidamente justificada.

### **Botaderos**

Se preverán zonas de botadero lo más próximas a la obra para la deposición de materiales excedentes e inservibles de la misma, indicando volúmenes de almacenamiento de dichas zonas. También se tendrá en cuenta su ubicación en el entorno ambiental para que no se produzca agresión alguna a éste, previéndose las medidas de corrección necesarias (plantaciones, explanación, etc.). Estas zonas se dispondrán en planos.

#### **2.4.3.7 Soluciones Propuestas al Tráfico durante la Ejecución de las Obras.**

El Consultor deberá prever cuando la ejecución de las obras afecte, en todo o en parte, a algún tramo de la calzada actual y ésta deba mantenerse en servicio, el consultor desarrollará las medidas necesarias que deban implementarse para que la interferencia

entre las Obras y el tráfico del camino sea mínima durante las distintas fases del proceso constructivo.

### **Desvío General a través de rutas alternas**

Cuando la magnitud de la afectación entre las obras y la circulación de la vía sea elevada o bien cuando se afecte a toda la longitud del tramo y no sea posible la ejecución por el sistema de medio rodaje, el consultor estudiará la posibilidad de habilitar temporalmente una ruta alterna, utilizando tramos de vías próximos.

Cuando la diferencia entre el volumen de tráfico habitual que circule por el itinerario alternativo y el tráfico inducido por el desvío sea importante, y éste se efectúe durante un período largo de tiempo, se evaluará la incidencia de aquél en el deterioro del estado de conservación de la superficie de rodaje, y se incluirá dentro del presupuesto del proyecto las correspondientes partidas que recojan los trabajos de conservación ordinaria, renovación superficial y, eventualmente refuerzo de la superficie de rodaje de las rutas alternas.

### **Desvíos Provisionales**

Cuando las características de las obras a realizar así lo exijan (Tuberías, modificaciones de trazo en perfil, etc.), deberán habilitarse desvíos provisionales para el tráfico, siguiendo las indicaciones que se dan en las normas reconocidas para estos casos.

La ubicación, el trazo y la sección del revestimiento en los citados desvíos provisionales deberán figurar en los documentos contractuales del proyecto (planos, Especificaciones Técnicas y presupuestos), y los terrenos necesarios para su ejecución deberán figurar expresamente en los Derechos de Vía.

#### **2.4.3.8 Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo**

Se realizará un estudio de las necesidades del proyecto en cuanto a instalaciones auxiliares, en función de los trabajos a realizar y los procesos constructivos que se desarrollarán.

Se identificarán todas aquellas medidas de higiene y seguridad, en función de las previsiones de contratación de personal, que deberán tomarse durante la realización del proyecto.

#### **2.4.4 Estudio de impacto ambiental (E.I.A.)**

El consultor deberá asegurarse que en los documentos y Especificaciones Técnicas del proyecto, se incluyan las siguientes medidas de mitigación a impactos al medio ambiente, que se incluirán como obras de protección ambiental:

- Recolección, desalojo, transporte y disposición final de material proveniente de la escarificación y preparación de la subrasante y chapeo, los cuáles deberán ser acondicionados en sitios de disposición final autorizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- El Constructor que lleve a cabo la ejecución del proyecto, deberá obtener los permisos necesarios para el establecimiento del plantel, plantas trituradoras, explotación de canteras, bancos de préstamos, sitios de disposición final de tierra y ripio autorizados por el MARN.
- Se deberá de revegetar aproximadamente 850 plantas de especies propias de la zona, en los espacios libres de los derechos de vía, con su mantenimiento respectivo y que se puedan identificar a lo largo del proyecto.
- Humectar constantemente la superficie de rodamiento durante la etapa de ejecución, como mínimo de 2 a 3 veces por día, con el fin de evitar las emisiones de partículas

de polvo al aire que causen problemas en la salud humana, especialmente en zonas pobladas y escuelas.

- El constructor no deberá modificar los taludes de corte existentes, y de ser necesario deberá de estabilizar y conformar algunos taludes de corte frágiles.
- Evitar la caza furtiva a lo largo del proyecto, durante la etapa de construcción.
- Ubicar barras protectoras (flexbeen) en los puntos críticos de las zonas altas del proyecto, a fin de evitar accidentes en los precipicios, así como la construcción y rehabilitación de badenes y túmulos en las escuelas y zonas pobladas.
- Proveer a los trabajadores de servicios sanitarios portátiles a fin de evitar la contaminación por desechos sólidos y líquidos, provenientes de los procesos fisiológicos de los trabajadores, su proporción será de un servicio por cada 20 ó 25 personas.
- Deberá proveerse de agua potable y equipo protector al personal que esté laborando durante la actividad del mejoramiento de la carretera.

#### **2.3.4.1 Programa de Manejo Ambiental.**

Con base en las medidas ambientales recomendadas por El MARN, y en otras obras identificadas, como consecuencia del proyecto mismo, el Consultor deberá elaborar el respectivo Programa de manejo Ambiental.

Este programa comprenderá los componentes siguientes:

- Implementación de medidas ambientales : Además de la descripción de cada medidas, en un cuadro debe presentarse los siguientes aspectos: 1-Actividad, 2- Impacto Generado, 3- Medida de Migración, 4- Descripción de la Medida, 5- Ubicación de la Medida en plano, 6- Responsable, 7- Costo calculado, 8- Cronograma de ejecución, 9- Resultado Esperado.

- Monitoreo. Establecer en otro cuadro.  
1- Medida de mitigación, 2- Parámetro a considerar, 3- Lugar de monitoreo, 4- Frecuencia de monitoreo, 5- Metodología a seguir, 6- Responsable de monitoreo, 7- Interpretación de resultados, 8- Retroalimentación, 9- Referencia a página del texto de la descripción del impacto.
- Estudio de riesgo y manejo ambiental, monto de Inversión de la Investigación Ambiental. Indicar un estimado del monto de las inversiones necesarias para implementar cada una de las medidas propuestas para mitigar los impactos negativos del proyecto.
- Cronograma de actividades, contiene los momentos y los tiempos de ejecución de cada una de las actividades del proyecto y de las medidas ambientales, en unidades mensuales o trimestrales.

#### **2.3.4.2 Estudio de Impacto Social**

En la ruta se hará una evaluación de impacto social (E.I.S.) de acuerdo con las siguientes directrices:

El consultor deberá presentar el estudio de Impacto Social de acuerdo a los siguientes lineamientos:

##### **LINEAMIENTOS:**

I. El estudio de Impacto Social deberá ser elaborado por un profesional con grado de licenciatura en Sociología, con amplia experiencia en trabajos similares a construcción y apertura de carreteras.

II.- Se presentará un diseño de investigación que desarrolle a detalle la metodología a utilizar por el investigador, este diseño deberá ser aprobado por El Supervisor antes que se inicie el estudio de Impacto Social.

▪ **Objetivos del Estudio Impacto Social**

Mediante la ejecución de este estudio, se persiguen los siguientes objetivos:

- a) Definir las características socioeconómicas de la población de la zona de influencia sin proyecto a fin de crear una línea de base que permita una evaluación ex post.
- b) Identificar, cuantificar y priorizar los impactos sociales y económicos que se derivan a partir de la ejecución del proyecto.
- c) Determinar y priorizar las medidas sociales y las acciones que garanticen la eficiencia de las medidas a implementar a fin de prevenir, mitigar y/o compensar los impactos sociales del proyecto.
- d) Elaborar un Programa de Gestión Social de las medidas propuestas para resolver los problemas sociales generados por el proyecto e incorporarlo en el plan de propuesta del proyecto.
- e) Establecer el mecanismo de seguimiento y monitoreo a fin de garantizar el éxito del Programa de Gestión Social.

▪ **Alcance de los Servicios del Estudio de Impacto Social.**

Se deberá desarrollar como mínimo, pero sin limitarse a ello, el estudio solicitado, de la manera y con el alcance que se estipula en los Términos de Referencia.

Cada uno de los apartados del EIS contendrá lo siguiente:

- a) **Resumen ejecutivo.**

En este apartado, se deberá presentar los aspectos más importantes del Estudio de Impacto Social.

- Descripción del proyecto.
- Impactos sociales potenciales del proyecto.
- Medidas preventivas, atenuantes y compensatorias propuestas.
- Mecanismos de seguimiento y monitoreo en la implementación de medidas.
- Costo total del programa de inversión social

**b) Descripción del proyecto.**

Este apartado debe considerar lo siguiente:

- Descripción general del proyecto a realizar y del área a intervenir.
- Ubicación geográfica del Proyecto
- Principales actividades constructivas
- Justificación del proyecto
- Objetivos del proyecto

Deberá indicarse las actividades básicas del proyecto enmarcadas dentro de sus fases (preparación del sitio, construcción y funcionamiento).

**c) Metodología del Estudio de Impacto Social.**

El estudio deberá contar en todo momento con la opinión técnica del analista social y la opinión de los pobladores afectados a fin de recomendar medidas de mitigación acordes a las necesidades y características de la población afectada, para esto se utilizará instrumentos que permitan la obtención de información cualitativa y cuantitativa estos son la encuesta y la entrevista las cuales deberán aplicarse garantizando la representatividad de la muestra e informantes entrevistados.

Los procedimientos técnicos y estadísticos de la metodología, los formatos de los instrumentos utilizados y los resultados obtenidos deberán presentarse en un documento anexo.

Antes de iniciar la elaboración del EIS se realizará un diseño de la investigación donde se detallará la metodología a implementar para desarrollar dicho estudio. Este diseño debe presentar como mínimo, sin limitarse a ello lo siguiente: objetivos, indicadores, definición de la zona de influencia; formatos de: encuestas, entrevistas, inventarios de servicio sociales; metodología para calcular el tamaño de la muestra, criterios y procedimientos a utilizar por el especialista para identificar y priorizar impactos, metodología para construir línea de base, procesamiento de datos, cronograma y recursos humanos a utilizar para la realización de encuestas. En el caso de la realización de encuestas se definirá el tamaño de la muestra y los procedimientos de muestreo de acuerdo al área de influencia. En el caso de las entrevistas se definirá la cantidad y los sectores a los que se les realizarán.

**d) Descripción del área de influencia, caracterización de la población afectada.**

Contendrá la descripción de las características socioeconómicas relevantes del sitio donde funcionará el proyecto y de su área de influencia.

El consultor sobre la base de limitaciones geográficas, conectividad vial y factores socio-económicos delimitará la zona de influencia directa del proyecto y medirá su superficie, deberá describir y razonar la metodología y criterios utilizados para la delimitación de la misma.

Investigará hasta donde ha de llegar el impacto del proyecto dentro del territorio nacional, para delimitar la zona de influencia indirecta del mismo.

Definirá la cantidad de población beneficiaria directa e indirecta del proyecto.

Se deberá incluir información de las características de la zona y sus pobladores que a juicio del evaluador le servirán de apoyo para el análisis de impactos.

Los aspectos que debe contemplar esta sección pero sin limitarse a ellas, son los siguientes: familias, poblaciones y/o comunidades beneficiadas por el proyecto, tipo de tenencia y uso de la tierra, tipología de las viviendas, servicios básicos, educación, ocupación, ingresos de la población, inventario de servicios sociales de la zona de influencia, entre otros, etc.

De la misma manera, se caracterizarán los municipios beneficiados, incluyendo un análisis de su plan de desarrollo (si existiere) y la importancia del proyecto a ejecutar dentro del mismo.

Se presentará un anexo fotográfico indicando las características socioeconómicas del proyecto.

**e) Descripción de los usos de las vías de comunicación existentes en el área de influencia directa y opinión de los pobladores hacia el proyecto.**

Identificar los medios de transporte más utilizados, los lugares y motivos de destino, tiempos y costos de traslados a destinos más frecuentes, así como ventajas y desventajas percibidas por los pobladores hacia la ejecución del proyecto en los ambientes socioculturales, económicos y ambientales.

**f) Identificación, priorización y cuantificación de los impactos sociales.**

El impacto social se entiende como cualquier alteración significativa, positiva o negativa de uno o más de los componentes del entorno y modo de vida de los grupos sociales que habitan en el área de influencia del proyecto a ejecutar y que pueden adjudicarse a la ejecución del mismo.

En este componente se identificará las acciones de todo el ciclo vital del proyecto que puedan causar impactos, las variables sociales que recibirán dichos impactos y una vez

se hayan definido las relaciones causa-efecto, se procederá a cuantificar los impactos positivos y negativos.

## 2.4.5 DISEÑO DE OBRAS.

### 2.4.5.1 Diseño Geométrico de la Vía.

El consultor teniendo en consideración la clasificación final de la vía, que se establezca de acuerdo con las proyecciones de tráfico, procederá al diseño, para lo cual utilizará los criterios de diseño que se contemplan en el documento de la AASHTO “Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads ( $ADT \leq 400$ )”, en el caso de los caminos rurales con TPDA menor o igual a 400 vehículos por día.

Para caminos con TPDA mayor de 400 deberá cumplir con los parámetros que se presentan a continuación en la tabla 3.

CRITERIO DE DISEÑO	TERRENO PLANO	TERRENO ONDULADO	TERRENO MONTAÑOSO
Velocidad de Diseño	50 k/h	40 k/h	30 k/h
Pendiente Máxima	6%	8%	12%
Radio Mínimo	67.00 m	53.00 m	20.00 m
Distancia Mínima de Visibilidad	90.00 m	60.00 m	45.00 m
Ancho de la Vía	6.00 m	6.00 m	6.00 m
Ancho de Rodamiento en Puentes	6.50 m	6.50 m	6.50 m
Ancho de la Zona de Derecho de Vía	15.00 m	15.00 m	15.00 m
Ancho de la Zona de Retiro	4.00 m	4.00 m	4.00 m
Carga Máxima de diseño en Puentes	HS-20	HS-20	HS-20
Tipo de Pavimento	Concreto Asfáltico o Doble Tratamiento Superficial	Concreto Asfáltico o Doble Tratamiento Superficial	Concreto Asfáltico o Doble Tratamiento Superficial

**Tabla 3. Parámetros mínimos de diseño geométrico, Clasificación camino rural sostenible.**

Para el acomodo del trazado geométrico, en el caso de variantes se realizarán cuantos tanteos sean necesarios, en el perfil longitudinal y en planta, para optimizar el trazado ante los diversos condicionantes de tipo geométrico, geológico, geotécnico, de movimiento de tierras, drenaje, ambientales, uso de la tierra, etc., que afecten a cada tramo.

El Consultor deberá de identificar, a todo lo largo de la ruta, las secciones que no cumplan con los parámetros de diseño geométricos establecidos en los TDR de cada proyecto. A partir de este diagnóstico deberá presentar las alternativas de solución de cada uno de los tramos en análisis, recomendando la alternativa que a su juicio sea la más adecuada, para lo cual deberá evaluar el impacto que tendrán los cambios propuestos en planta y perfil. Estos impactos deberán ser evaluados en términos económicos (movimientos de tierra, adquisición de derechos de vía, etc.) y sociales (N° de propietarios afectados, tipo de propiedades afectadas, etc.), de tal forma que el Propietario tenga los suficientes elementos de juicio para decidir sobre el alineamiento final de estos tramos.

En los casos particulares, en que resultara muy difícil cumplir con las especificaciones mínimas de las curvas del alineamiento horizontal y vertical, así como la pendiente máxima establecida, el Consultor deberá hacer una detallada explicación para cada uno de los casos en que no se cumplan las normas. El Propietario en un plazo máximo de diez (10) días hábiles, teniendo en consideración la opinión del Comité Técnico de Seguimiento, quienes deberán realizar una visita de campo en conjunto con el Consultor, resolverá por escrito sobre el mismo. La decisión final, deberá agregarse al apartado de Diseño Geométrico.

Para este proyecto, se considerarán mejoras al alineamiento cuando se presenten las siguientes situaciones:

- a) Pendientes superiores a la máxima permitida según la categoría en la cuál se clasifique el tramo y el tipo de terreno predominante.

- b) Cuando el alineamiento no ofreciera un buen desarrollo para el acceso a obras de paso existentes (puentes, bóvedas).
- c) Tramos que presentan peligro por su cercanía a precipicios o desfiladeros, para los cuáles habrá que presentarse alternativas de solución que estén acorde a las prioridades del sitio.

El Consultor tomando en consideración todas las normas y consideraciones detalladas en los alcances, definirá los parámetros de diseño que utilizará para el trazo planimétrico y altimétrico, debiendo definir, las cotas de los puntos del trazado en perfil a cada 20 metros sobre el eje, así como las de todos los puntos singulares del estado de rasantes.

Para la definición de la velocidad de proyecto de la vía proyectada se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Ley de Carreteras de El Salvador, en la cual se clasifica el tipo de vía en función del TPDA calculado para el año horizonte.

Sobre la base del TPDA y al tipo de terreno se definirá la velocidad de proyecto de la vía o tramo estudiado y por tanto el resto de los parámetros que nos definen el diseño geométrico.

En el caso de modificación y readaptación de vías existentes que ya disponen de planta y perfil longitudinal, se realizará un cálculo promedio de la suma de pendientes por sus longitudes de la vía existente, dividido por la suma de longitudes que nos da una pendiente promedio, que nos definen a su vez el tipo de terreno de acuerdo con lo siguiente:

- Plano  $ip < 4 \%$
- Ondulado  $4\% < ip < 6 \%$
- Montañoso  $6 \% < ip < 8 \%$
- Muy Montañoso  $ip > 8 \%$

Siendo  $ip$  : Pendiente promedio definida de acuerdo con el párrafo anterior

La definición del trazado incluirá los siguientes datos generales:

- Radios en planta, máximos y mínimos
- Pendientes y rampas, máximos y mínimos
- Parámetros de acuerdo vertical, máximos y mínimos.
- Análisis de visibilidad en planta y perfil
- Secciones transversales tipo
- Alturas máximas en estructuras
- Definición de sobre anchos y peraltes
- Tipología de intersecciones (previo análisis técnico y económico de las alternativas que conduzcan a una solución óptima)

Para el caso de los tramos de la ruta que se desarrollan en sitios urbanos, la sección típica del tramo en particular, deberá incluir los elementos necesarios para la circulación segura de peatones y si lo permite el espacio existente, deberá contar con aceras.

Para las coordenadas de los puntos equidistantes en planta y las cotas de los puntos equidistantes del perfil longitudinal, así como los datos de replanteo, se redondearán las distancias, cotas y coordenadas a milímetro, y los ángulos a segundos centesimales.

### **Trazado en planta**

En el trazado en planta e incluye la definición correspondiente a los elementos de trazado en planta, para lo cual se tomará como punto de partida el origen del proyecto, al que se le podrá asignar una Distancia al Origen (D.O.) o Punto Kilométrico (P.K.) arbitraria, que a su vez se verá aumentada con las longitudes de los distintos elementos del trazado, determinando así las D.O. o P.K. crecientes del mismo.

Y se utiliza únicamente dos tipos de elementos:

- Alineación Recta

- Alineación circular

Se definen las coordenadas de los puntos del trazado en planta cada 20 metros sobre el eje, así como las de los puntos singulares del estado de alineaciones:

- En las alineaciones rectas, se definirán las coordenadas cartesianas (X,Y) de cada punto y el azimut de la recta.
- En las alineaciones circulares, se definirán las coordenadas cartesianas (X,Y) y el azimut de cada punto, así como el radio del círculo.

### **Trazado en Perfil**

Se incluirá la definición correspondiente a los elementos de trazado en perfil, partiendo del origen del proyecto, cuya D.O. o P.K. se habrá establecido al definir el trazado en planta.

Se utilizarán únicamente dos tipos de elementos:

- Rasantes de inclinación uniforme (rectas)
- Curvas verticales (parábola de 2º grado). Estas curvas se deben proyectar sencillas o únicas y no compuesta, siguiendo la cadencia de pendiente – curva vertical - pendiente

El listado incluirá la D.O. o el P.K. de cada punto, su cota y la inclinación de la rasante correspondiente, con su signo (positivo para las rampas o subidas, negativo para las pendientes o bajadas)

### **Distancia de visibilidad en planta y perfil**

Se realizarán, determinando la distancia a los obstáculos laterales y los parámetros geométricos mínimos que proporcionen una visibilidad superior a la distancia de parada. Se analizarán, en su caso, las zonas donde no pueda cumplirse lo indicado anteriormente, adoptando las medidas complementarias necesarias para mantener la seguridad vial.

### **Secciones Transversales tipo**

Las que deben incluir la descripción y representación de todas las secciones tipo de las diversas categorías de vías proyectadas, incluyéndose las dimensiones de sus elementos, verificándose que cumpla con las dimensiones exigidas por las necesidades del tráfico durante la vida útil del proyecto; caso de ser necesario habrá que diseñar la ampliación de estructuras.

### **Intersecciones y Accesos**

Se diseñará la planimetría y altimetría de las calles que conforman la intersección, hasta una distancia mínima de cincuenta metros. Se individualizarán tantos ejes como sean necesarios para definir perfectamente las obras proyectadas y cada uno de ellos será objeto de un estudio por separado.

Se definirán los distintos elementos de trazado, tanto en planta como en perfil y las coordenadas de los puntos equidistantes, de la misma forma que el eje principal.

Asimismo se definirán con exactitud los puntos de intersección de los distintos ejes que concurren en una intersección, con objeto de facilitar el replanteo de los mismos.

Se deberá dejar detalle de los perfiles y planta de los accesos a poblaciones, en los correspondientes planos de planta y perfil.

El Consultor deberá hacer un inventario de los accesos a propiedades, tanto vehiculares como peatonales, para los cuáles proporcionará la solución tipo más adecuada.

### **Secciones Transversales**

Se incluirán perfiles transversales, al menos cada 20 metros, de la vía proyectada, los cuáles se prolongarán transversalmente tanto como sea necesario para acomodar la sección típica completa del proyecto.

Los planos correspondientes, se elaborarán de acuerdo a lo estipulado en el apartado

#### **2.4.6.1 Planos.**

#### **2.4.5.2 Diseño de Obras de Drenaje.**

##### **Cálculo de Caudales**

Habiéndose obtenidos los caudales de diseño en el estudio de la Climatología e Hidrología.

Los períodos de retorno que se utilizaran para establecer las dimensiones de los elementos de drenaje deberán cumplir el siguiente requerimiento, ver tabla 4:

<b>Tipo de elemento de drenaje</b>	<b>Período de retorno mínimo (años)</b>
Elementos de drenaje superficial de la plataforma, cunetas, lavaderos, derramaderos.	10
Obras de Drenaje menor	25
Obras de Drenaje Mayor	50

**Tabla 4. Periodo de retorno para elementos de drenaje.**

##### **Drenaje**

Se realizará el diseño de todas aquellas obras de drenaje que lo requieran y que fueron identificadas en la etapa de diagnóstico y revisión. El consultor deberá dimensionar las tuberías longitudinales, transversales y drenaje superficial, como cunetas longitudinales, drenaje lateral (cunetas o cordón - cuneta), etc. Se determinarán las características físicas y de flujo de los cauces, los caudales por evacuar y la sección hidráulica que deben tener las tuberías. Como norma general, se utilizará para tuberías un diámetro mínimo de 30 pulgadas, por facilidad de mantenimiento.

Para dimensionar el sistema hidráulico de drenaje, el Consultor deberá seguir las instrucciones contenidas en las Normas AASHTO.

### **Drenaje Longitudinal**

Para definir la red de drenaje longitudinal se han de tener presentes los condicionantes que impongan las características hidrogeológicas de la zona, según el estudio de geología (nacimientos de agua, nivel freático, etc.)

### **Drenaje de la plataforma**

Se procurará diseñar una red o conjunto de redes que permita evacuar la escorrentía superficial de la plataforma de la vía y de las márgenes que viertan sobre ella, mediante un sistema de cunetas con desagüe en régimen libre. Para el diseño de la red se tendrán en cuenta los criterios que respecto a la tipología de elementos y características de los mismos se definen en la norma AASHTO de Drenaje.

La memoria de cálculo correspondiente recogerá las cuencas de aporte las cuales se presentaran, pendientes, caudales y tirantes de cada tramo drenado, al menos en los puntos de descarga a lo largo de la traza.

En general, se proyectarán salidas de las cunetas con una distancia máxima de 500 metros. Las salidas se resolverán mediante cajas de concreto, desagües por medio de derramaderos o bien a través de obras transversales para drenaje longitudinal habilitadas al efecto.

La incorporación de las cunetas a la caja de entrada de las obras transversales de drenaje longitudinal, se revestirá a ambos lados en una longitud mínima de 3 metros.

Para tramos urbanos, se incluirá cordón cuneta, sólo en tramos que reciban escorrentía. Los tramos que no lo requieran, tales como los tramos en el exterior de un segmento sobre elevado, llevarán solamente bordillo. La memoria de cálculo deberá incluir la revisión tanto de pozos, cunetas como de tragantes, además de todos aquellos elementos necesarios para el correcto empalme del drenaje del camino rural con el drenaje de la parte urbana.

### **Drenaje subterráneo**

Se proyectarán elementos de drenaje longitudinal para intercepción de las corrientes subterráneas en las zonas de corte ejecutado en laderas de pendientes fuertes, y en general, en cualquier otra zona de plataforma en la que se prevea que la escorrentía subterránea pueda afectar a las capas que constituyen la base o sub-base del pavimento nuevo. Asimismo puede ser necesario un drenaje profundo en los casos que no sea suficiente el drenaje longitudinal y el transversal no esté a la cota conveniente.

### **Drenaje Transversal**

Para establecer las dimensiones de las obras y la elección de su tipología se tendrán en cuenta criterios económicos, evitando en lo posible obras multicelulares.

En caso de incluirse gaviones, deberá anexarse la revisión de dicha estructura, con el correspondiente cálculo del muro de gaviones o de la estabilidad del talud diseñado.

Se diseñarán las obras necesarias para recibir y descargar adecuadamente las aguas. Estos requerimientos serán aplicables tanto para las obras nuevas como para las existentes.

Las aletas y cabezales, así como los cauces revestidos, se proyectarán de concreto, ya sea simple o armado, según sus dimensiones lo ameriten. El uso de mampostería de piedra se limitará a los casos en los que se tenga disponibilidad y facilidad de explotación de piedra en el sitio de la obra.

Se estudiarán los diferentes tipos posibles de las estructuras, así como su encaje en el entorno y la concepción de sus elementos. Se realizarán los croquis necesarios, a escalas pequeñas (1:500) y grandes (1:50 ó 1:100), que incluyan los elementos fundamentales y un pre-dimensionamiento para estudiar su viabilidad y aproximación al costo.

Se dibujarán las soluciones idóneas, tal como se detalla en 2.3.6.1 Planos.

Para la proyección de dichas obras de paso, se deberá tomar en cuenta las dimensiones que de acuerdo a la proyección de categoría adoptará el camino para el período de diseño de la obra. En el caso de las obras de paso que requieran cambio de sección, se considerará un ancho de rodaje no menor de 7.0 metros y aceras a ambos lados de 1.0 metro cada una.

Para cada obra de drenaje se deberán incluir, sin limitarse a ello: Planos de Planta y Perfil; Planos del Drenaje; Planos Generales; etc. lo cuál se describe en la sección 2.4.6.1 Planos.

### **2.4.5.3 Diseño del Revestimiento de la Vía**

A partir de los resultados obtenidos en el Estudio de Tráfico, Estudio Geotécnico, se estudiará la alternativa más factible técnica y económicamente, para el diseño del revestimiento de la vía. Y considerando además la evaluación considerada en la sección 2.4.6.3 Plan Propuesta de Mantenimiento

El método de diseño a utilizar será el de ASSHTO/93, para lo cual, podrá utilizar el software DARWIN 3.1 ó cualquier otro que el consultor posea, en todo caso dentro del documento respectivo deberá presentar un detalle de la deducción, justificación y comentarios empleados como datos de entrada (inputs) utilizados para efectuar el diseño, así como un breve resumen del proceso desarrollado, lo cuál será de gran utilidad para el proceso de revisión de resultados.

El Consultor deberá demostrar que la alternativa seleccionada permite la utilización al máximo de los suelos existentes a lo largo del camino.

Para ello el Consultor desarrollará las alternativas más óptimas con relación a los materiales a utilizar en la conformación de la subestructura del pavimento, tomando muy en consideración la parte ambiental y el mantenimiento que ha de proporcionarse.

Para el diseño de la estructura de rodamiento se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Cumplir con las especificaciones técnicas internacionales (ASSHTO/93) para granulometrías, plasticidad, asfaltos, emulsiones asfálticas, etc.
- Las alternativas de diseño del pavimento pueden ser del tipo flexible o rígido.

#### **2.4.5.4 Diseño de Obras de Protección.**

Se procederá a diseñar todas las obras de protección ecológica, y dispositivos de seguridad, en los sitios en los que justificadamente se requieran para la garantía, tanto de la vía como de los usuarios. También se diseñarán otras obras de protección que puedan ser contempladas, como es el caso de los bancos de préstamo al concluir la obra, etc.

Estas obras de protección y dispositivos de seguridad consistirán en el diseño de muros de protección, estabilización de taludes, vallas de resguardo, etc., todo lo cuál deberá cuantificarse y costearse en las respectivas partidas.

#### **2.4.5.5 Terracería.**

Atendiendo a los resultados del estudio geotécnico de los terrenos, se clasificarán los materiales procedentes de las excavaciones del trazo según su mayor o menor facilidad para ser removidos.

Esta clasificación se reflejará tanto en las Especificaciones Técnicas Particulares, como en el presupuesto, que incluirán la definición precisa de las distintas unidades de obra o partidas que integren el capítulo de terracería, sus precios correspondientes y los presupuestos parciales a que den lugar.

Del estudio geotécnico se deducirán los volúmenes de material de corte que deben ser llevados a botaderos por no reunir las condiciones necesarias para la construcción de rellenos y el volumen de material de préstamos necesarios para conseguir la subrasante tipo de proyecto. Se definirá también la ubicación y profundidad del descapote o tierra vegetal.

#### 2.4.5.6 Señalización Vial.

El Consultor debe prever y diseñar todas las obras necesarias para la seguridad de la vía. También deberá establecer las normas y medidas de seguridad vial necesarias durante la construcción, especialmente en lo referente a señalización.

Deberá planificar para su ejecución el tipo y ubicación de las señales de tránsito a utilizar en los tramos de la vía, de acuerdo al Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito/Tomado DEL MANUAL CENTROAMERICANO. SIECA.

Además indicará o describirá como mínimo los siguientes puntos:

- Normativa a aplicar en la señalización horizontal y vertical
- Relación de todos los elementos empleados en Señalización Horizontal y vertical, así como los materiales, colores, símbolos, orlas y flechas.
- Tipo de cartel en función del emplazamiento.
- Situación de las distintas señales en planta
- Cimentación de carteles y señales verticales
- Altura de señales y carteles, distancia con respecto a la vía, etc.

#### **2.4.6 ELABORACIÓN DE PLANOS Y DOCUMENTOS.**

##### **2.4.6.1 Planos.**

A continuación se enumeran cada uno de los planos que componen el diseño realizado, describiendo sus aspectos más importantes.

***Plano N°. 1***

Título: Plano de Ubicación e Índice

Siglas: PI

Contenido:

Índice general de todos los planos que contienen el Proyecto.

Plano de localización del Proyecto en El Salvador (Escala 1/100,000)

Plano de ubicación del proyecto en la zona del proyecto (Escala 1/50,000), donde se aprecien pueblos, ciudades, carreteras, etc.

***Plano N°. 2***

Título: Plano de Conjunto

Siglas: PC

Contenido:

Este plano debe llevar en la parte superior un plano en planta a escala mínima de 1/50,000, con la cartografía correspondiente, en la cuál se dispondrán las intersecciones a nivel, obras de drenaje mayor, etc. Se definirá el estacionamiento cada 100 m, se dibujará el norte y las crucetas con coordenadas (x, y).

En la parte inferior se dispondrá el perfil longitudinal a escalas horizontal  $H = 1/50,000$  y vertical a escala 1/ 1000. En estos perfiles se dibujarán las obras más importantes.

***Plano N°. 3***

Título: Planos de Planta y Perfil

Siglas: PP

Contenido:

Este plano debe llevar en la parte superior un plano en planta a escala mínima de 1/1000, con la cartografía correspondiente, donde se dispondrán las intersecciones a nivel, obras de drenaje mayor y menor, etc., se dibujará el norte y las crucetas con las coordenadas (x,y).

En la parte inferior (bajo la planta), llevará un perfil longitudinal con la “guitarra”, donde se reseñen los diagramas de curvatura, anchos y peraltes.

La franja de cartografía debe ser como mínimo 15 metros y no menor al derecho de vía, a cada lado del eje y a partir del talud.

Planta:

El eje en planta del camino debe llevar como mínimo el dibujo del eje, los bordes de la calzada, los de los hombros y las cunetas en las zonas de corte, así como los pies de talud en corte y relleno.

1. El eje en planta debe llevar los siguientes valores como mínimo:
  - Los estacionamientos o PK a cada 100 metros, mediante una raya perpendicular al eje y escribiendo el PK. Los estacionamientos o PK cada 20 metros como máximo, sólo mediante una raya perpendicular al eje.
2. En el caso de curvas con clotoides, deben llevar como mínimo los siguientes valores:
  - Estacionamiento y coordenadas del vértice PI y los puntos TE, EC, CE y ET.
  - Ángulo entre alineaciones rectas en grados sexagesimales ( $\Delta$ )
  - Valores de los parámetros de las clotoides de entrada y salida A1 y A2 en m.
  - Valor del radio de la curva circular en m. (R).
  - Grado de la curvatura del círculo (G)
  - Longitudes en metros de las clotoides de entrada y salida y del radio de la curva circular.
3. En el caso de curvas circulares sin clotoides, deben llevar como mínimo los siguientes valores:
  - Estacionamiento y coordenadas del vértice PI y los puntos PC y PT.
  - Ángulo de alineaciones rectas en grados sexagesimales ( $\Delta$ )

- Valor del radio de la curva circular en m. (R).
  - Grado de curvatura del círculo (G).
  - Longitudes en metros del radio de la curva circular (Lc).
4. Las estructuras u obras de drenaje dibujadas en la planta, deben llevar cada una de ellas, la siguiente descripción:
- Estacionamiento con su PK exacto, en el punto de cruce de los ejes del camino y la obra.
  - Diámetro o dimensiones de la obra de drenaje, longitud de la estructura, número de vanos, etc.
  - Cota del nivel de la cama de agua de la obra de drenaje en el punto de cruce de los ejes.
  - Angulo de esviaje en grados sexagesimales.
5. Los puntos de apoyo, bases de replanteo o puntos GPS deben estar ubicados dentro de los planos de planta, todos aquellos que entren dentro de la franja de topografía.

#### Perfil Longitudinal.

En la parte inferior se dispondrá del perfil longitudinal a escalas horizontal mínima  $H = 1:1000$  y Vertical  $1:200$ . En este perfil se dibujarán además las diferentes obras. Y deberá llevar como mínimo la rasante y el terreno existente, con una relación de cotas de la rasante y del terreno cada 20 metros de separación como máximo.

1. La rasante debe llevar, los siguientes valores como mínimo:
- El estacionamiento del PIV. (EST. PIV). Como máximo dar tres decimales.
  - La cota del vértice entre inclinaciones o pendientes PIV. (CPIV). Como máximo dar tres decimales.
  - El valor del parámetro de la parábola del acuerdo vertical, tanto en cresta como en columpio (K) en hectómetros.

- La longitud en metros entre puntos tangentes PCV y PTV (L).
  - Las diferencias de inclinaciones o pendientes con su signo y en tanto por ciento (A)
  - El valor de la flecha entre la cota PIV y la rasante (E).
  - En los tramos rectos el valor de la inclinación de la rasante en %. Dar como máximo dos decimales.
  - El estacionamiento y la cota del punto más alto en el caso de acuerdo vertical en cresta y el punto más bajo en el caso de acuerdo vertical en columpio, en los casos que se puedan dar dichos puntos.
2. Las estructuras u obras de drenaje dibujadas en alzado, deben llevar cada una de ellas, la siguiente descripción:
- Estacionamiento con su PK exacto
  - Diámetro o dimensiones de la obra de drenaje, longitud de la estructura, número de vanos, etc.
  - Cota del nivel de la cama de agua de la obra de drenaje en el punto de cruce de los ejes.
3. La “guitarra”, donde se definen los diagramas de curvaturas, anchos y peraltes, se dispondrá de arriba hacia abajo, en este orden y de acuerdo con las escalas aproximadas que se presentan.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 3.1, Plano N° 3.2, etc.

*Plano N° 4.*

Título: Secciones tipo.

Siglas: ST

### Contenido:

Este plano debe llevar una sección tipo en recta y otra sección tipo en curva a una escala de 1/50, donde deben aparecer las siguientes partes:

- Definición clara de todas las capas del pavimento, incluyendo los riegos de liga e imprimación (si los hubiere), incluyendo la definición del tipo de concreto asfáltico, concreto hidráulico, etc., de tal forma que no exista duda del pavimento que se proyecta.

En el caso de que se hayan proyectado otros pavimentos alternativos, en éste Plano N° 4 debe aparecer sólo la estructura del pavimento elegida y de la cuál se obtiene la Medición y el Presupuesto.

- Definición de los taludes que se han dispuesto a lo largo de todo el trazado del Camino proyectado, para lo cual se debe dibujar el talud con una letra (Vertical 1 Horizontal T) y después representar mediante un cuadro los distintos taludes proyectados en un margen y en otro de la Carretera y a todo lo largo de la misma.
- Si existen bermas en corte o relleno se deben dibujar en las secciones tipo. Si existen distintas zonas con bermas se facilita un cuadro con los estacionamientos donde se proyectan.
- Se debe definir y dibujar el espesor de la capa de descapote. Si existen distintos espesores se facilita un cuadro con los estacionamientos y los espesores.
- Las secciones en recta y curva, deben llevar una de las partes en corte y la otra en relleno.
- En las zonas de corte se debe definir el tipo de cuneta proyectada en la mayor parte del Camino. En el caso de que se proyecten otros tipos de cunetas en el mismo camino se deben definir al menos como detalle, desde el PK de inicio al

PK final donde se proyecta ese tipo de cuneta, así como el margen donde se ha proyectado.

- Se deben definir los detalles de las uniones entre la calzada y el hombro, sobretodo cuando las carpetas de uno y otro son diferentes, así como cualquier detalle que sea necesario para definir perfectamente la sección tipo. Las escalas pueden ser varias en función del detalle que se defina (Como referencia se puede dar 1/10 o 1/15).
- En los detalles de uniones deben aparecer definidas las carpetas de los pavimentos proyectados, bordillos, cordón – cuneta, etc.
- La sección debe incluir el sobre ancho, definido mediante una letra, que a su vez se puede definir mediante un cuadro con los estacionamientos o PK y los anchos de la calzada, que incluya los sobre anchos.
- Se deben definir los peraltes de los hombros, tanto en el caso que lleven el mismo que la calzada, como cuando no los lleve.
- Todo lo que se incluye en este plano se debe tener en cuenta en los perfiles transversales proyectados.
- En el caso de las intersecciones, se debe proyectar su sección tipo con las mismas características y descripciones definidas anteriormente para la sección principal del camino.
- En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizaran más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 4.1, Plano N° 4.2, etc.

Todos los detalles que se definan en un proyecto deben ir con sus escalas, evitando la definición de los detalles sin escalas.

*Plano N° 5.*

Título:       Perfiles transversales.

Siglas:       PTR

Contenido:

Estos planos se deben definir a escala mínima de 1/200 y deben llevar como mínimo las siguientes partes:

- Todos los perfiles deben disponer del bombeo o peralte correspondiente, según sean tramos rectos o en curva y con el peralte que se haya proyectado la curva.
- Deben llevar definido el espesor total del pavimento.
- Deben llevar los sobre anchos, aquellos perfiles que lo tengan.
- Deben llevar definido el espesor del descapote.
- Los taludes tanto en relleno como en corte, deben coincidir con los de las secciones tipo.
- Deben llevar las cotas en el eje, en los bordes de la calzada y en los bordes del hombro. En el caso de mediana con cuneta debe llevar la cota del fondo de la cuneta. En los casos en corte, de igual forma, debe llevar la cota del fondo de la cuneta.
- Se deben definir las cotas y distancias a los puntos de intersección del talud con la línea de terreno.
- En los casos que existan muros, casas, aceras, etc., se deben definir en el perfil transversal correspondiente.

- En las zonas urbanas, donde existan casas con accesos, se deben definir los perfiles transversales, con las aceras, arriates, y cotas de acceso a las casas existentes. En el caso de que se demuelan casas se deben definir en los perfiles.
- Los perfiles transversales de los ramales deben ir en este Plano N° 5, pero separándolos claramente de los del tronco del camino.
- Cada perfil debe llevar la superficie en corte, en relleno, así como el descapote de acuerdo con el siguiente ejemplo:

$$S_c = 125.481 \text{ m}^2$$

$$S_r = 230.335 \text{ m}^2$$

$$S_d = 35.122 \text{ m}^2$$

- En el caso de que no cupieran en un sólo plano se realizarán más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 5.1, Plano N° 5.2, etc.

*Plano N° 6.*

**Título:** Intersecciones.

**Siglas:** IN

**Contenido:**

Los planos en planta deben ser planos que definan detalles de las intersecciones que no se pueden definir en los planos generales de la planta del camino, por lo que se deben definir a una escala mínima de 1/200, 1/250 o 1/300, según sea la intersección.

Las intersecciones deben llevar definidas las siguientes partes:

- Definición del eje del ramal, donde se incluyen, estacionamientos, radios, clotoides, origen del ramal, final del ramal y demás valores ya definidos anteriormente.

- Definición de las isletas, mediante coordenadas y longitudes, radios de los vértices, para poderlas replantear. Se definirá claramente la parte de isleta con bordillos de la parte que solamente lleva pintura.
- Definición de la intersección mediante cotas cada 5 o 10 metros de separación, según el eje, teniendo en cuenta los ejes con los que conecta, peraltes, anchos, etc.

Se deben proyectar perfiles longitudinales de los ramales y se deben proyectar a una escala horizontal igual a la escala de la planta de la Intersección y la escala vertical 1/100 o 1/200, según los perfiles longitudinales. Estos perfiles deben llevar una “guitarra”, definiendo los diagramas de curvaturas, anchos y peraltes de la misma forma que en el proyecto del camino.

Una intersección debe ir, siempre que se pueda, en un sólo plano con su planta, perfiles longitudinales, etc. Si caben en un plano más intersecciones se pueden incluir pero definiendo muy claramente la planta y perfiles de una y otra intersección. No se recomienda que haya más de dos intersecciones por plano.

En el caso de que no cupieran en un sólo plano se realizarán más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 6.1, Plano N° 6.2, etc.

*Plano N° 7*

Título: Estructuras, obras de drenaje mayor y obras de protección.

Siglas: DMA

Contenido:

Una estructura debe tener las siguientes partes:

Un plano de situación o ubicación de la estructura a una escala mínima de 1/1000.

Un plano de vistas y cortes que estará compuesto por:

Planta completa de la estructura a una escala mínima de 1/200, donde se acoten todas las medidas de la estructura en planta, definición del eje a partir del que se va a replantear

la estructura, esviate de la misma frente a la línea de corriente, coordenadas del eje en su intersección con los estribos y pilas, definición de los estribos y pilas, etc. Además se deben definir los bordes de la calzada y hombros o aceras, bordillos y cualquier elemento que defina la estructura. Deben definirse tanto las líneas vistas con las que no están vistas. Se deben incluir la situación de los sondeos realizados y un cuadro con las resistencias admisibles de la capa del suelo donde se va a asentar la cimentación de pilas y estribos.

En el caso de bóvedas y obras similares, se definirá el lateral de construcción del terraplén (pata del talud) de la carretera.

Un perfil completo de la estructura a la misma escala que la planta e inmediatamente debajo de la misma, donde se definan losa, pilas, estribos, cimentaciones, línea de terreno, definición de la resistencia del terreno en  $\text{Kg/cm}^2$  y la profundidad a la que se encuentra dicha resistencia, pilotes y profundidad de los mismos, taludes, cunetas, etc. En definitiva todo lo que sirva para definir claramente el perfil de la estructura. El perfil de la estructura se debe dar por el eje de la carretera con sus proyecciones respectivas. El perfil debe incluir la estratigrafía obtenidas de los pozos a cielo abiertos realizados, así como dichos pozos y sondeos.

Una sección transversal completa de la estructura a una escala mínima de 1/300, donde se reflejen, las vigas, separaciones de las mismas, disposiciones de las vigas, losa con su espesor, bloques antisísmicos, apoyos de las vigas, disposición de los mismos, disposición del barandal, vallas protectoras (flexbeam), etc. Con todas las acotaciones necesarias para que quede clara la disposición de las mismas.

Sección completa de cada pila, que incluya cimentaciones y zapatas, fundación de la pila y cabezal de la misma donde apoyan las vigas, con todas sus acotaciones.

Planta y sección completa de cada estribo, donde se definan el apoyo de las vigas y elementos del estribo, losa de transición, etc. Con todas sus acotaciones necesarias, incluyendo niveles de fundación, así como tipo y espesor de restituciones o sobre

excavaciones debajo de los estribos. Se indican además longitudes y ángulos de cada aletón, así como secciones constructivas de la raíz y extremo de los aletones.

Planos de detalles a escalas varias, en función del detalle que se quiera visualizar, donde se reflejen las vigas, los conectores, las juntas, los rigidizadores, pletinas, aparatos de apoyo, drenaje, barandales, etc., definiendo cada elemento con sus acotaciones pertinentes; si es un detalle tipo hacer la referencia.

Definición de la carga AASTHO, para la que la estructura fue diseñada (HS-20, H20, etc.).

No se deben mezclar dentro de un mismo plano estructuras diferentes.

Plano estructural o de armaduras, que en definitiva son los mismos planos de formas, donde se incluyen las barras de acero.

Plano de Diámetros de barras, doblado de las mismas y cantidades de obra por partida de la estructura correspondiente, separando claramente las cantidades de obra de la losa, de los estribos, de las pilas y del resto de los elementos estructurales.

Para las obras de protección (muros de retención, engavionados, tierra armada, muros de concreto lanzado o proyectado, etc.), los planos mostrarán como mínimo lo siguiente:

Ubicación en planta con amarres al eje del proyecto (estacionamientos, distancias perpendiculares y/o rumbos), del inicio y final de cada tramo de muro, longitudes de cada tramo y designación de la sección a usarse en cada tramo o subtramo.

Perfil indicando cotas de fundación, alturas de cimentaciones y pantallas, espesores de sobre elevaciones y restituciones, niveles de corona y demás datos pertinentes, indicando escalonamientos si los hubiere y secciones a utilizarse en los distintos tramos del muro.

Secciones de muro indicando materiales, refuerzo, disposición de la armadura, taludes provisionales, alturas del relleno y pantalla, drenes a colocarse y dimensionado el muro.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N°7.1, Plano N°7.2, etc.

Todos los detalles que se definan en un proyecto deben ir con sus escalas, evitando la definición de los detalles sin escalas.

***Plano N°. 8.***

Título: Obras de drenaje menor.

Siglas: OD

Contenido:

Para cada obra de drenaje se deberán incluir, sin limitarse a ello, los siguientes datos:

- a. En los planos de planta – perfil, deberá indicarse claramente la ubicación de cada estructura de drenaje, incluyendo además estacionamiento, dimensiones, esviaje y longitud. Asimismo deberá indicarse si la obra es proyectada o existente, y si es existente indicar si será reparada, ampliada, sustituida o conservada.
- b. En los planos de drenaje menor deberán dibujarse todas las tuberías existentes y proyectadas, a escalas adecuadas, la planta, el perfil del terreno natural sobre el eje de la tubería, las obras existentes y los datos de las obras a realizar, incluyendo: longitud izquierda y derecha, niveles de entrada y salida, diámetros, esviaje, tipo de cama, tipo de cabezal, derramaderos y demás información que permita su construcción.
- c. Deberán indicarse además tipos y proceso constructivo de reparación de tubos, juntas y ubicación de tubos a reparar. Asimismo deberá especificarse la ubicación en cada obra de derramaderos, cabezales, emplantillados, guardaniveles y demás obras a repararse, reconstruirse o sustituirse.

Asimismo se presentarán cuadros y esquemas en los que se pueda resumir toda la información solicitada dentro de los alcances del proyecto.

***Plano N°. 9.***

Título: Drenaje superficial o longitudinal.

Siglas: DS

Contenido:

Presentar cuadros y detalles que definan toda la información solicitada dentro de los alcances del proyecto. En éste se deberá presentar todo el drenaje que llevará el proyecto, con el objetivo de tener un panorama general de todos los drenajes que complementan al drenaje superficial o longitudinal, tal como el drenaje mayor y menor, estos drenajes deberán ser incluidos en planta y en perfil a escalas convenientes.

***Plano N°. 10.***

Título: Señalización, defensas y balizamientos.

Siglas: SDB

Contenido:

Presentar cuadros y detalles de toda la información solicitada dentro de los alcances de cada proyecto.

***Plano N°. 11.***

Título: Servicios afectados.

Siglas: SA

Contenido:

Los planos de planta para la definición de los servicios que se afectan por la vía proyectada, deben ser independientes de los planos de trazado, deben realizarse a una escala mínima de 1/1000 y no se deben realizar mediante croquis, sino mediante planos completos, los cuales llevaran como mínimo las siguientes partes:

La definición de los servicios que se afectan por la vía en estudio, intersecciones, etc., distinguiendo las partes afectadas del servicio y sus conexiones con la parte del servicio que no se afecta. Los servicios que se pueden afectar son los siguientes y por uniformidad se deben definir de la siguiente forma:

Líneas eléctricas alta, media y baja tensión	SA-100,101, etc.
Alumbrado público	SA-200,201, etc.
Líneas telefónicas	SA-300,301, etc.
Tuberías de agua negra	SA-400,401, etc.
Tuberías de abastecimiento de agua	SA-500,501, etc.
Cerramientos, vallas, etc.	SA-600,601, etc.
Otros servicios	SA-700,701, etc.

La reposición de los servicios que se afectan por la vía, intersecciones, etc., proyectando las partes afectadas del servicio y sus conexiones con la parte del servicio que no se afecta. La reposición de los servicios que se pueden afectar, por uniformidad se deben definir de la siguiente forma:

Líneas eléctricas alta, media y baja tensión	RSA-100,101, etc.
Alumbrado público	RSA-200,201, etc.
Líneas telefónicas	RSA-300,301, etc.
Tuberías de agua negra	RSA-400,401, etc.
Tuberías de abastecimiento de agua	RSA-500,501, etc.
Cerramientos, vallas, etc.	RSA-600,601, etc.
Otros servicios	RSA-700,701, etc.

Esta reposición de los servicios conlleva una valoración de los mismos, que se debe incorporar al Presupuesto del Proyecto.

Los planos de detalles de la reposición de servicios, se deben proyectar a escalas que queden suficientemente claros todos los elementos, definiendo espesores, materiales y acotando todo perfectamente. Estos elementos pueden ser varios, como torres eléctricas, secciones de conducciones subterráneas, cajas, secciones de zanjas de tuberías, válvulas de paso, anclajes, pozos, cerramientos, vallas, etc.

Los planos de reposición de servicios, deben indicar claramente que estructuras existentes deben ser reubicadas (alterada su ubicación en planta y/o nivel), que estructuras serán demolidas y que estructuras serán sustituidas.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 11.1, Plano N° 11.2, etc.

Todos los detalles que se definan en un proyecto deben ir con sus escalas, evitando la definición de los detalles sin escalas.

### ***Plano N° 12.***

Título: Derechos de vía.

Siglas: DV

Contenido:

Los planos de planta para la definición de los derechos de vía que se afectan, deben ser independientes de los planos de trazado, deben realizarse a una escala mínima de 1/1000 y no se deben realizar mediante croquis, sino mediante planos con curvas que como mínimo deben llevar las siguientes partes:

- Definición de los límites de la parcela afectada, mediante datos topográficos.
- Definición del eje estacionado y de los límites de la ocupación de la carretera con sus taludes y márgenes o distancias reglamentadas al talud.
- Nombre, apellidos y dirección del dueño de la propiedad afectada.
- Tipo de cultivo o vivienda de la propiedad afectada.

- Superficie afectada de la propiedad y superficie total de la misma.
- Superficie construida.
- Superficie cultivada.
- Identificación de estructuras como pozos, muros perimetrales, muros de retención, letrinas, cisternas y otras que sean afectadas por la construcción.
- Cada parcela deberá ser designada con una clave única que sea fácilmente ubicada en los listados de derechos de vía.

Para cada una de las parcelas, se generará un plano, con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 12.1, Plano N° 12.2, etc.

### ***Plano N° 13.***

Título: Desvíos provisionales durante la ejecución de las obras.

Siglas: DP

Contenido:

En el caso de desvíos nuevos que se tengan que realizar, los planos deben ser independientes de los planos de trazado y no se deben realizar mediante croquis, sino mediante planos con curvas que como mínimo deben llevar las siguientes partes:

- Definición de la planta a escala mínima de 1/1000, donde se desarrolle el trazado del desvío, incluyendo toda la definición geométrica, así como las conexiones con las partes del camino existente sin afectar. Se definirá con los mismos criterios que la planta del camino en diseño.
- Definición del perfil longitudinal del desvío provisional. Se definirá con los mismos criterios que el perfil del camino.

- Definición de la sección tipo, incluyendo anchos de calzada, hombros, bermas, pavimento, taludes, cunetas, etc. Se definirá con los mismos criterios que la sección tipo del camino.
- Señalización provisional para los desvíos. En el caso de desvíos que aprovechen vías próximas, se deben definir los sentidos de los tráficos, así como las intersecciones, señalización, etc.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 13.1, Plano N° 13.2, etc.

Todos los detalles que se definan en un proyecto deben ir con sus escalas, evitando la definición de los detalles sin escalas.

*Plano N° 14.*

Título: Impacto ambiental de las obras.

Siglas: IA

Contenido:

Los planos de planta para la definición del impacto ambiental y los trabajos de mitigación del mismo, deben ser independientes, deben realizarse a una escala mínima de 1/1000 y no se deben realizar mediante croquis, sino mediante planos con curvas de trazado que como mínimo deben llevar las siguientes partes:

- Definición de las zonas con los trabajos de mitigación ambiental. En el caso de disposición de plantaciones, se deben definir las superficies con los distintos tipos de plantas y número de las mismas, para cada una de dichas superficies.
- En el caso de que existan lugares arqueológicos o culturales que puedan ser afectados, se deben definir con su superficie y distancia mínima a la que pasa el trazado del camino proyectado.

- Los planos de detalles de los trabajos de mitigación del impacto ambiental, deben estar a escalas que queden suficientemente claros todos los elementos que se han proyectado en los planos de planta, definiendo los materiales y quedando acotados perfectamente. Estos elementos pueden ser varios, como zonas de mitigación en medianas, en taludes, en muros, en estructuras, en cauces, etc.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 14.1, Plano N° 14.2, etc.

Todos los detalles que se definan en un proyecto deben ir con sus escalas, evitando la definición de los detalles sin escalas.

#### ***Plano N° 15.***

Título: Geología y Geotecnia.

Siglas: GG

Contenido:

Los planos de Geología y Geotecnia se deben realizar a escalas adecuadas en función de la longitud del tramo y los cortes y rellenos de tierras del proyecto y deben llevar como mínimo las siguientes partes:

- Un corte geológico de toda la traza del camino a las escalas recomendadas de 1/10,000 o 1/20,000 en horizontal y 1/500 o 1/1,000 en vertical. Se incluirán los distintos sondeos y pozos de registro realizados a lo largo del trazado del camino, con los resultados obtenidos y definición de los materiales mediante una clasificación, bien ASTM y AASHTO.
- Relación de todos los ensayos que se han realizado a lo largo de toda la traza, con un cuadro de descripción de los resultados obtenidos, definiendo claramente los distintos materiales que atraviesa la traza y resaltando claramente aquellos que por su mala calidad se deben llevar a botaderos.

- Definición de todos los préstamos y canteras de la zona, mediante planos en planta y situación de los mismos con respecto a la obra. Se definirán para que se van a utilizar los materiales de préstamos y canteras. Se definirán de igual forma que en la traza todos los ensayos realizados en los préstamos y canteras con los resultados obtenidos.
- Definición de los ensayos realizados en las estructuras y obras de drenaje mayor para definir la capacidad portante del terreno.
- Se definirá un cuadro con estacionamientos y taludes a lo largo de todo el trazado, en margen derecha e izquierda de la traza, en función del estudio geológico realizado.
- Se definirá mediante un cuadro con estacionamientos los puntos donde el nivel freático se encuentre en zonas que pueda afectar el trazado de la carretera y se prevea la posibilidad de disponer de drenes.
- Se definirán en planos las zonas de botaderos con la disposición y volumen de almacenamiento de los mismos.
- Se situarán y describirán fábricas de cemento, plantas de concreto asfáltico que puedan ser utilizadas en el proyecto, detallando volúmenes de producción, rendimientos, etc.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más, con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 15.1, Plano N° 15.2, etc.

Todos los detalles que se definan en un proyecto deben ir con sus escalas, evitando la definición de los detalles sin escalas.

### ***Plano N° 16.***

Título: Diagrama curva - masa.

Siglas: CM

### Contenido:

Los planos del diagrama curva – masa se debe realizar a escalas adecuadas en función de la longitud del tramo y los volúmenes de tierras del proyecto. Recomendamos 1/10,000 o 1/20,000 en horizontal y en vertical 1 cm. @ 5,000 ó 10,000 m<sup>3</sup>. Los planos deben llevar como mínimo las siguientes partes:

- Curva del diagrama curva – masa con los volúmenes acumulados de tierras de todo el camino, extraídos de las mediciones de los perfiles transversales.
- Zonas puntuales, donde se incrementen o disminuyan rellenos o cortes, debidas a obras puntuales como intersecciones tanto a nivel como a desnivel, variantes de paso, estructuras importantes, etc.
- Zonas de terrenos de mala calidad que son necesarios llevar a botaderos, definiendo volúmenes y distancias de transporte.
- Curva definitiva del diagrama curva – masa teniendo en cuenta todas estas modificaciones.
- Definición de volúmenes compensados, en función del tipo de maquinaria.
- Volúmenes necesarios de préstamos, definiendo las zonas donde se van a ocupar y las distancias de transporte.
- Definición de sobre acarreo, definiendo los centros de gravedad de los cortes y rellenos a compensar por sobre acarreo.
- Definición de volúmenes de corte por material como roca, talpetate, suelos, etc.
- Definición de los coeficientes de abundamiento utilizados.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más, con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 16.1, Plano N° 16.2, etc.

***Plano N° 17.***

Título: Programación de las obras.

Siglas: PO

Contenido:

Se definirá un plano o planos con la representación gráfica del programa o Gráfico de Actividades con un número de actividades similar a las unidades de obra referidas en el resumen existente en el Plano de Cantidades de obra y en función de las mismas, con la estimación de los medios necesarios y rendimientos de los equipos, nos darán los tiempos de ejecución de dichas partidas o unidades de obra y consecuentemente el tiempo total de ejecución de la obra.

Se deben acompañar un gráfico de la maquinaria, un gráfico de la mano de obra y un gráfico de inversiones a utilizar a lo largo del tiempo de duración de la obra.

En el caso de que no cupieran en un solo plano se realizarán más, con el criterio definido anteriormente y con la nomenclatura de Plano N° 17.1, Plano N° 17.2, etc.

**2.3.6.2 Presupuesto de Obra.**

En esta fase el consultor debe presentar en base a las partidas y formas de pago establecidas en la última edición de la SIECA; el presupuesto oficial de la obra para su construcción el cual incluirá partida de costos de administración de la construcción, supervisión, imprevistos, derechos de vía. Para cada uno de estos costos describirá el análisis correspondiente.

- Resumen de los Costos del Proyecto: Un resumen de los costos totales del proyecto con indicación de subtotales, totales y porcentajes de distribución.
- Presentará análisis de costos unitarios de las partidas que intervienen en el presupuesto de la obra.

- Presentará los Presupuestos parciales para los tramos identificados con la misma solución para el revestimiento de la vía, con el objeto de poder ser analizados por separado en la consecución de su financiamiento para la fase de ejecución.
- Presentará, tanto para el presupuesto total como para los parciales, las respectivas Memorias de Cálculo de Cantidades de Obra por partida.
- Detallará las partidas que se excluirán del plan de Oferta, tales como:
  - Movilización
  - Instalaciones Provisionales
  - Topografía, etc.

Que serán consideradas, o bien en los costos indirectos o como Subcontratos.

#### **2.4.6.3 Plan Propuesta de Mantenimiento**

Con la ayuda de software especializados (tales como el HDM4), el consultor deberá evaluar varias estrategias para el mantenimiento de la vía en estudio, recomendando la económicamente más favorable para el Propietario, con la cual se preserve la vida útil de la vía. En este plan se detallarán las actividades a realizar, su duración, así como su programa de ejecución plasmado en un diagrama de barras. Se deberá incluir el costo de dichas actividades, especificando cantidades de obra y desglose de costos unitarios.

#### **2.4.6.4 Programa de Construcción.**

Se elaborará un plan de obras, haciendo constar el carácter meramente indicativo que tendrá esta programación.

Se adjuntará un diagrama de barras y un diagrama de redes, representativo de las obras con indicación del plazo total estimado para la terminación de las mismas

El diagrama se confeccionará teniendo en cuenta las actividades correspondientes a las unidades de obra más importante, e incluirán los importes relativos a los trabajos a realizar en cada período, según la programación prevista.

Se elaborará, junto al diagrama de barras y redes, un cuadro de asignación del equipo, en el que se detallen la clase y cantidad de unidades a utilizar en el desarrollo de las obras. Este cuadro deberá estar respaldado por los cálculos de los rendimientos de los distintos equipos, los cuales deberán ser, a su vez, congruentes con los desgloses de precios unitarios.

Se incorporará a esta información el programa de desembolsos, resultante de las programaciones de las distintas partidas.

Todas las programaciones y cálculos de rendimientos, tomarán en cuenta distancias de transporte, tipos de terreno, efectos de la estación lluviosa y demás características particulares del proyecto.

#### **2.4.6.5 Especificaciones Técnicas.**

El consultor deberá preparar las especificaciones técnicas para determinar la calidad de los materiales a utilizar, así como a los procesos constructivos a emplear en la ejecución de la obra.

En la elaboración de los documentos técnicos las normas que regirán para los trabajos a ejecutarse o para los ensayos a realizarse, serán: ACI, AASHTO, ASA, ASTM, AWS, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales y el Manual de Acuerdo Centroamericano sobre Señales Viales de la SIECA, última edición.

## **CAPITULO III**

---

### SELECCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO

### **3.1 Introducción**

En el presente capítulo, tiene por objeto seleccionar un proyecto y estudiarlo detalladamente, partiendo desde los estudios realizados para el diseño del mismo hasta su ejecución.

El proyecto escogido se denomina: “Mejoramiento del Camino Rural USU27E, entre Cantón La Canoa (Et USU08S) – Corral de Mulas”, el cuál se ha elegido de acuerdo a los criterios definidos en este capítulo, en éste encontraremos todos los detalles administrativos y los cambios que se suscitaron a lo largo de la ejecución del mismo

Además se da una descripción del mismo en cuantos a los montos de su diseño, ejecución y supervisión; así mismo se detallan sus características geológicas, geotécnicas e hidrológicas, para tener una mejor apreciación del mismo.

### **3.2 Criterios de Selección del Proyecto**

Dentro del grupo de vías que posee El Salvador se encuentran los caminos rurales, los cuales tienen gran importancia desde el punto de vista económico, ya que unen polos potenciales de desarrollo industrial, comercial y agrícola. Este tipo de carreteras presentan problemas en su funcionalidad, ya que por el poco tráfico que las circula no se considera necesario realizar una mayor inversión en ellas, sin embargo con el programa de pavimentación de caminos rurales se ha logrado mejorar las condiciones de algunas rutas que conforman la red de caminos rurales del país, trayendo consigo la mejora de condiciones socio económicas de los habitantes de la zonas; algunos proyectos que podemos mencionar son los siguientes: la que une Bolívar con San José la Fuente, la que conecta Nueva Esparta con Polorós, ambas en el departamento de La Unión, la carretera que une el cantón La Canoa y Corral de Mulas en Usulután, entre otras.

La metodología para el desarrollo de esta investigación requiere que se analice un proyecto en el que las consideraciones tomadas en el diseño no reflejen la realidad y necesidades que el proyecto demanda para su adecuado funcionamiento, es por ello que se seleccionó el proyecto denominado: “Mejoramiento del Camino Rural USU27E, entre Cantón La Canoa (Et USU08S) – Corral de Mulas”, ubicado en el departamento de Usulután, basándonos en los criterios que se describen a continuación:

- **Incremento en el monto del proyecto.**

A partir de la investigación se logró identificar que el proyecto fue adjudicado a la empresa contratista con un monto inicial de \$ 16,374,906.76, a lo largo de su ejecución se realizaron algunas modificaciones, por lo que fue necesario realizar incrementos o decrementos en algunas partidas, que fueron realizados para poder cumplir con los alcances en los que se fundamentó la realización del proyecto.

A continuación se presenta la tabla 3.1, donde se detalla el número de órdenes de cambio, con sus respectivos montos de incrementos y decrementos globales, así como el porcentaje de variación en el costo total del proyecto con respecto al monto original del mismo.

<b>Número de orden de cambio</b>	<b>Monto</b>	<b>Porcentaje(%)</b>
Orden de cambio 1	\$ 1,326,603.83 (en aumento)	8.10
Orden de cambio 2	\$ 476,544.16 (en aumento)	2.91
Orden de cambio 3	\$ 67,253.41 (en aumento)	0.41
Orden de cambio 4	Reacomodo de partidas	-
Orden de cambio 5	\$218,840.87 (en disminución)	(-)1.33
<b>Total</b>	<b>\$ 1,651,560.53</b>	<b>10.09</b>

Tabla 3.1 Cuadro detalle de ordenes de cambio de Proyecto “Mejoramiento del Camino Rural USU27E, entre Cantón La Canoa (Et USU08S) – Corral de Mulas” / Fuente: Oficina Información y Respuesta Fondo de Conservación Vial (OIR FOVIAL).

Finalmente el proyecto concluyó con una monto de \$ 18,026,467.30, lo que representa una diferencia con respecto al contrato original de \$1,651,560.53, es decir que éste sufrió un incremento del 10.09% tal como se aprecia en tabla 3.1.

Así mismo la supervisión sufrió un incremento en el monto de su contrato, ya que inicialmente el costo era de \$ 430,851.53 y al finalizar el contrato el total fue de \$ 620,868.34, lo que representa un incremento de 44.10%, el 20% es decir \$ 86,170.31 fue pagado por el propietario, mientras que el restante 24.10% lo que equivale a \$103,846.50 fue pagado por el contratista

- **Prolongación del tiempo de ejecución del proyecto.**

La fecha en que dio inicio el proyecto fue el día 6 de enero de 2009, se le otorgaron 18 meses al contratista para la realización del proyecto, es decir que la fecha de finalización del proyecto sería el día 5 de julio de 2010. Sin embargo con los cambios que sufrió el proyecto fue necesario incrementar el tiempo y conceder una prórroga aproximada de 9 meses al contratista asimismo a la supervisión, por lo que la nueva fecha de finalización del proyecto fue el día 26 de marzo de 2011. A continuación se detallan las fechas en las que se realizaron las diferentes prórrogas.

Fecha final primera prórroga: 5 de Noviembre de 2010 (4 meses).

Fecha final segunda prórroga: 20 de Diciembre de 2010 (45 días).

Fecha final tercera prórroga: 4 de Febrero de 2011 (46 días).

Fecha final cuarta prórroga: 26 de Marzo de 2011 (50 días).

- **Importancia de la vía.**

La longitud que fue intervenida con la realización del proyecto de mejoramiento es de 31.67 km, el proyecto inicia en la intersección de la ruta USU08S(CA02E San Marcos Lempa-El Zamorano-La Canoa), y comunica los cantones San Juan del Gozo, Isla de Méndez, Ceiba Doblada, El Retiro, hasta finalizar en el Cantón Corral de Mulas II, cabe

mencionar que esta vía es la única vía terrestre a través de la cual se puede entrar y salir de la península, Además es importante reconocer el alto potencial turístico que posee esta zona y que con el mejoramiento de la vía beneficia de gran manera a la población local.

### **3.3 Generalidades del proyecto**

El proyecto “Diseño final de ingeniería del mejoramiento del camino rural USU27E, entre cantón La Canoa (Et USU08S) – Corral de Mulas” es propiedad del Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano pero financiado por el Fondo Salvadoreño de Estudios de Preinversión, FOSEP, con quién se suscribió el contrato de servicios de consultoría por medio del cual se formularían los estudios para el proyecto en mención por un monto de \$208,375.18 y para un plazo de 150 días calendario contados a partir de la fecha de la orden de inicio (4 de diciembre de 2006).

Mientras que el Fondo de Conservación Vial FOVIAL tenía a su cargo la ejecución del proyecto "Mejoramiento del camino rural USU27E, entre cantón La Canoa (Et.USU08S) - Corral de Mulas"

#### **3.2.1 Ubicación del proyecto**

El proyecto se encuentra ubicado en la Península de San Juan del Gozo, zona costera del Departamento de Usulután comprendida entre la Bahía de Jiquilisco y el Océano Pacífico. La península está limitada al poniente por el delta del Río Lempa, más conocido como El Bajo Lempa; y al oriente por la Bocana El Bajón. El acceso a la Península es por el km 87 de la Carretera Litoral (CA02E) a unos 200 m al oriente del puente sobre el Río Lempa, en el caserío de San Marcos Lempa, Municipio de Jiquilisco, Departamento de Usulután. En este punto se inicia la ruta USU08S hacia el sur en dirección a la costa del Océano Pacífico.

Es una ruta pavimentada de 17 Km de longitud que concluye en las proximidades del caserío La Canoa, en el cantón del mismo nombre, justamente donde se inicia la ruta USU27E que es el camino rural entre el cantón La Canoa y el cantón Corral de Mulas. La Península de San Juan del Gozo es compartida por los Municipios de Jiquilisco y Puerto El Triunfo, que son los que conforman la zona de influencia directa del camino. Orográficamente la península es una planicie de tipo costera con un relieve bastante plano cuya altura sobre el nivel del mar varía entre los 0 y los 10 metros.

No posee cuencas y por consiguiente no existen ríos. Sin embargo por estar rodeada por el mar a ambos lados, existen flujos de agua que entran y se retiran de la península por efecto de las mareas.



**Figura 3.1** Ubicación del proyecto/Fuente:<http://www.elsalvador.law.pro/cdinf-mapa-sp.php>

Por el mismo hecho de estar rodeada de agua, existe una napa freática muy cerca de la superficie, la cuál se eleva más en la época invernal, por lo que bajo el efecto de lluvias intensas de carácter severo, provoca una sobresaturación de los suelos limo arenosos propios de la península que la hacen propensa a las inundaciones.

### **3.3.2 Descripción del camino antes de la realización del proyecto.**

El camino existente discurre desde el cantón La Canoa en el extremo poniente de la península hasta el cantón Corral de Mulas en el extremo oriente de la misma, la longitud total que ronda aproximadamente los 35 km de los cuales 31.67 fueron objeto de mejoramiento. Es de mencionar que es la única vía terrestre a través de la cual se puede acceder a la península.

En su recorrido atraviesa jurisdicciones de los municipios de Jiquilisco y Puerto El Triunfo, que son los municipios que comparten administrativamente la península, dando de esa forma servicio a los siguientes caseríos:

Municipio de Jiquilisco:

- La Canoa
- Las Mesitas
- San Juan del Gozo
- Isla de Méndez
- Los Llanos

Municipio de Puerto El Triunfo:

- Ceiba Doblada
- El retiro
- El Chile
- Corral de mulas I
- Corral de Mulas II
- El Icaco

Antes de la intervención, el camino estaba clasificado como rural y presentaba en su recorrido una sección transversal variable. Su superficie era no revestida y su rasante a pelo de tierra con pendientes longitudinales por debajo del 1 % y pendiente transversal irregular.

Por la vulnerabilidad a las inundaciones de la península, el camino presenta también tramos que se inundan los cuales se agravan más por el hecho de estar deprimidos longitudinalmente con relación a los terrenos aledaños. En su recorrido se tiene tres obras de paso hidráulicas importantes que son La Chacastera (tres tuberías), Isla de Méndez (1puente) y la del Caserío El Icaco (9 tubos) las cuales funcionan únicamente como vasos comunicantes. Carece de drenaje superficial y longitudinal. En su recorrido tiene proximidad en un sector a manglares y en otros tramos atraviesa terrenos muy deforestados que pertenecen a haciendas ganaderas.

La ruta da servicio directamente, por estar aledaños a él, a las siguientes instituciones:

- Unidad de salud del Cantón y caserío La Canoa
- Centro Escolar Las Mesitas
- Centro Escolar San Juan del Gozo
- Instituto Pablo Tesak
- Centro Escolar Isla de Méndez
- Centro Escolar Los Llanos
- Centro Escolar Ceiba Doblada
- Centro Escolar el Retiro
- Centro Escolar Corral de Mulas I
- Centro Escolar Corral de Mulas II
- Centro Escolar Caserío El Icaco

### **3.3.3 Descripción general del proyecto**

El proyecto de mejoramiento de la vía consistió básicamente en lo siguiente:

1. En un mejoramiento de la categoría de camino Rural a Terciario Modificado.
2. En rectificación de curvas horizontales que no cumplen con el radio mínimo exigido.
3. En conservar la ruta existente aprovechando una longitud de 32.003 Km.
4. En una sección típica de 6 m de rodaje y 1 m de hombro.
5. En una estructura de pavimento de concreto asfáltico apoyado en una base granular.

6. En una estructura de terraplén con alturas que varían entre los 0 y los 2.65 m para evitar en algunos tramos las inundaciones.
7. En material de préstamo de bancos fuera del proyecto.
8. En tres estructuras de paso nuevas que sustituirán a las existentes.
9. En una señalización horizontal y vertical como el sistema pasivo de control del tráfico.
10. En la reutilización del material que actualmente sirve de subrasante.

Debido a que el proyecto se desarrolla en una planicie, no requiere de cortes para remover cantidades de tierra a fin de abrirse paso o de acomodarse de alguna manera al terreno, por el contrario la plataforma del camino mejorado se elevara sobre el terreno natural con alturas variables entre 0.60 m y 2.65 m para protegerla de las inundaciones. Por lo que es necesario contar con material para conformar terraplenes, y ya que no existe material de corte, es necesario abastecerse de bancos de préstamo.

### **3.4 Estudios de ingeniería básica.**

#### **3.4.1 Climatología, hidrología e hidráulica**

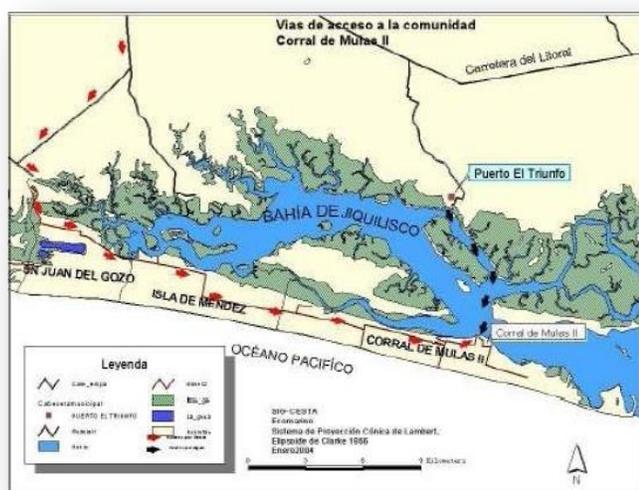
##### **3.4.1.1 Generalidades**

La península de San Juan del Gozo no cuenta con ríos de ninguna clase y su altura sobre el nivel del mar varía entre los 0 y los 10 metros. Es una planicie costera vulnerable a las inundaciones en su totalidad.

Las planicies de inundación son áreas de superficie adyacentes a los ríos, riachuelos, esteros y costas sujetas a inundaciones recurrentes. En general se trata de suelos fértiles y áreas planas fáciles de usar para cualquiera de las actividades del hombre. Sin embargo, al utilizar estas planicies para cualquier tipo de desarrollo (industrial, habitacional, agrícola, turístico etc.), deben tomarse en cuenta todos los problemas y riesgos que están involucrados con una inundación.

Las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras. Esto hace que un determinado curso de aguas pueda salirse de su cauce e inunde tierras adyacentes. El Cantón y Caserío San Juan del Gozo, del Municipio de Jiquilisco, está situado a 18.7 kilómetros al SW de la Ciudad de Jiquilisco con la que se comunica por carretera de tierra mejorada y por la del Litoral (CA-2) y tiene una elevación de 3 msnm (IGN Tomo II 1986).

De acuerdo al Tomo I del Diccionario Geográfico Nacional, del IGN (1,986), el Cantón y Caserío Isla de Méndez, del Municipio de Jiquilisco, se encuentra situado a 14.2 kilómetros al SW de la Ciudad de Jiquilisco y tiene una elevación de 6.0 m.s.n.m. El Cantón y Caserío Corral de Mulas, del Municipio de Puerto El Triunfo, se ubica a 7.4 kilómetros al S del mencionado puerto y tiene una elevación de 3 m.s.n.m.



**Figura 3.2 Bahía de Jiquilisco y Península de San Juan del Gozo/Fuente sección de mapa de El Salvador.**

En la bahía se encuentran los bosques salados o manglares más extensos de El Salvador, que según diversos autores, la superficie que ocupan, puede variar entre 14,267 hectáreas hasta 15,500 hectáreas (Rubio Fabián et al 1,996).

La península de San Juan del Gozo ha sufrido los efectos de muchos fenómenos de origen natural y antrópico, la península está expuesta a la acción de fenómenos atmosféricos relacionados con el cambio climático que ocasionan exceso de agua principalmente en las zonas bajas de las cuencas. La cuenca del Río Lempa es la más grande del país, ocupando un 49% del territorio nacional (10,255 km<sup>2</sup>). Toda la cantidad de agua que recoge esta cuenca va a desembocar al noroeste de la península de San Juan del Gozo aumentando aún más la vulnerabilidad de las comunidades aledañas como lo son: Las Canoas, Mesitas y San Juan del Gozo.

La comunidad más propensa a inundaciones es la de Corral de Mulas II e Isla de Méndez, ya que en ella existen cañadas las cuales al haber tormentas frecuentes y al subir la marea se inundan. Poniendo en peligro a familias que viven en sus alrededores.

Uno de los grandes problemas ambientales que enfrenta la península de San Juan del Gozo es la deforestación tanto del mangle como del bosque caliente. Desde 1946, cuando se inicio la siembra de algodón en el país, grandes extensiones de bosque virgen fueron deforestadas para sembrar este cultivo en toda la península, con esta actividad se extinguió gran parte de la vida silvestre que existía en la zona. A la fecha estas áreas son utilizadas para el pastoreo por parte de terratenientes que introducen ahí el ganado, impidiendo así la regeneración artificial del bosque.

Actualmente la península de San Juan cuenta únicamente con un 0.48% de la vegetación tropical caliente. Siendo el bosque El Limón el área con mayor extensión. Al mismo tiempo la disminución de la cobertura boscosa la hace vulnerable a las comunidades, ya que se talaron las cortinas rompevientos naturales en la zona de la bahía y del océano pacifico (Ver Figura 3.3).

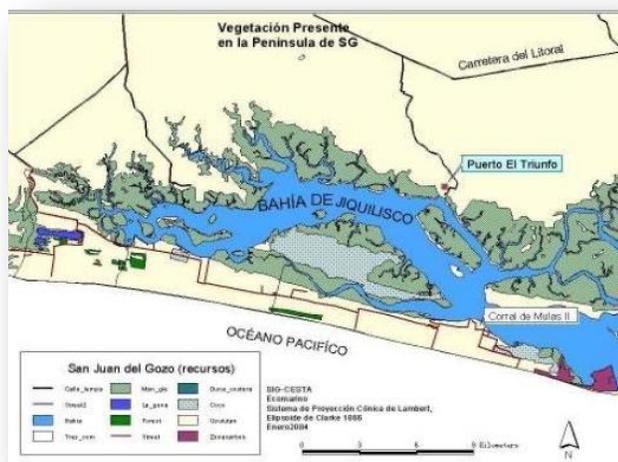


Figura 3.3 Parches de vegetación remanentes en la península/ //Fuente sección de mapa de El Salvador.

Este tipo de inundaciones son las que se dan en la península por invasión de las aguas en las zona del Bajo Lempa y del agua de mar provenientes de la Bahía de Jiquilisco y del océano Pacífico, pero existe otro tipo de inundación que tiene que ver únicamente con el camino y es la provocada por las lluvias severas, la presencia cercana de la napa freática y las condiciones en que se mantiene la rasante actual del camino.

#### 3.4.1.2 Climatología

Es de mencionar que El Salvador está situado en la parte exterior del cinturón climático de los trópicos, que se caracteriza por condiciones térmicas más ó menos iguales<sup>2</sup>. Las precipitaciones muestran grandes oscilaciones durante el transcurso del año.

La estación seca principal ocurre durante el semestre invernal (en el hemisferio boreal entre Noviembre y Abril) y las temperaturas máximas se observan a su final, o sea poco antes de la estación lluviosa (tipo climático “GANGES DE LA INDIA”).

<sup>2</sup>Todas las variables climáticas a las que se hace referencia en este apartado provienen de información proporcionada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

En El Salvador, desde el punto de vista meteorológico, hay dos estaciones y dos transiciones en el año. Según observaciones verificadas en San Salvador de 1918 a 1967, las siguientes son las fechas promedio para principio y final de estaciones, como se indican en la Tabla 3.2

EPOCA DEL AÑO	PRINCIPIO	FINAL	DURACION	
			DIAS	SEMANAS
Estación Seca	14 Noviembre	19 Abril	157	22½
Transición Seca Lluviosa	20 Abril	20 Mayo	31	4½
Estación Lluviosa	21 Mayo	16 Octubre	149	21
Transición Lluviosa-seca	17 Octubre	13 Noviembre	28	4

Tabla 3.2 Período promedio de las estaciones y transiciones en El Salvador.  
FUENTE: Almanaque salvadoreño, 1992

Según la clasificación climática de KÖPPEN, SAPPER Y LAUER de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar a la zona de influencia del proyecto le corresponde la clasificación de sabanas tropicales calientes o tierra caliente (de 0 a 800.00 m.s.n.m.).

### 3.4.1.3 Lluvia

La red de estaciones pluviográficas con incidencia en la zona del proyecto es muy densa y las estaciones cuentan con una serie de datos significativos, adecuados y precisos, considerándose como representativos, los datos registrados en la estación Beneficio La Carrera (U-11), ya que se localiza en las proximidades del proyecto.

Las precipitaciones atmosféricas en la zona del proyecto, se presentan en dos tipos:

- Tipo Chubasco: precipitación que comienza y termina bruscamente, variando de intensidad rápidamente y tiene una duración de algunos minutos hasta algunas horas. A veces están acompañadas de actividad eléctrica.

- Tipo Temporal: lluvia extendida y persistente de intensidades débiles hasta moderadas; ocurren a cualquier hora del día y pueden durar hasta 20 horas (atemporalado) o varios días (temporal).

ESTACION	ELEVACION m.s.n.m	LATITUD	LONGITUD
B. La Carrera U-11	75	13° 20´	88° 29´

Tabla 3.3 Datos registrados en la estación Beneficio La Carrera (U-11)

### Precipitación Mensual y Anual.

Cantidad mensual de lluvia (mm) registrada en la estación Beneficio la Carrera, se detalla en tabla 3.4

Ene	Feb.	Mar	Abril	May	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	2	3	35	164	320	226	270	363	276	63	4

Tabla 3.4 Precipitación de la zona del proyecto. Desde 1971 a 1985 (sin 1983)/Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Servicio Meteorológico Nacional. Año 2007

#### 3.3.1.4 Temperatura.

Esta zona pertenece a la clasificación climática Sabanas Tropicales Calientes y Calurosas; con temperaturas 22° - 28°C, precipitación promedio anual de 1400 – 2400 mm y vegetación bs-T con transición a ST, bs-T, bh – ST.

En general el bosque húmedo sub tropical (bh-ST) abarca desde 0 m.s.n.m. hasta 1700 m.s.n.m., la temperatura promedio anual está por debajo de 24 °C a diferencia del bosque seco tropical que se caracteriza por tener una temperatura de 24.2°C y una precipitación anual de 1301 mm. Esta formación ecológica ocurre esencialmente debido a la baja precipitación anual.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
25.6	26.5	27.4	28.3	27.7	27	27.4	27.0	26.0	26.1	26.2	25.5

Tabla 3.5 Temperatura Promedio Mensual de la Zona de Estudio Desde 1971 a 1985 (sin 1983)/Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Servicio Meteorológico Nacional. Año 2007.

### 3.4.1.5 Humedad relativa.

#### Variación Anual.

La variación anual de la humedad relativa en el área del proyecto es de 21%. El mayor secamiento durante el curso del año, suele ocurrir durante la estación seca (noviembre-abril; excepcionalmente en mayo). La tensión del vapor de agua, y también el punto de rocío demuestran una variación anual parecida a la de la temperatura: la amplitud anual en San Salvador es de 5.3 mmHg. Datos de humedad relativa (%) y humedad absoluta (%) del aire de la estación Beneficio La Carrera se muestra en la tabla 3.6:

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Prom. mensuales H.R.	63	61	63	64	76	79	73	77	83	81	73	67

Tabla 3.6 Humedad Relativa desde 1971 a 1982.Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Servicio Meteorológico Nacional. Año 2007

### 3.4.1.6 Viento.

Las variables rumbo dominante y velocidades media y máxima absoluta del viento (metros/segundo). Según la Estación Beneficio La Carrera, se presentan en tabla 3.7

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rumbo dominante	N	N	N	S	SW	NE	NE	N	NE	NE	NE	N
Velocidad Media	7.6	8.2	7.7	7.9	7.0	6.5	6.8	6.3	5.8	5.5	6.2	6.8

Tabla 3.7 Velocidad del Viento. Desde 1971 a 1985 (sin 1983). Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Servicio Meteorológico Nacional. Año 2007

Las velocidades medias de días con lluvia a lo largo del año, se presentan en tabla 3.8

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días con lluvia	0.6	0.5	1.1	4.2	13.5	17.8	14.3	17.2	20.3	16.5	5.9	0.5
Velocidad Media	30.4	27.5	29.9	25.8	17.5	12.2	16.7	13.8	9.7	14.5	24.1	30.5

Tabla 3.8 Promedio de Días con y sin lluvia. Desde 1971 a 1985 (sin 1983) Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Servicio Meteorológico Nacional. Año 2007

#### **3.4.1.7 Capacidad hidráulica y condiciones de flujo en obras de drenaje existentes.**

Se determino, la lámina aproximada de inundación frecuente es de 0.986 m y todas las tuberías y obras de paso trabajan como vasos comunicantes, se puede concluir que todas las tuberías iguales o menores a Ø30” trabajarán en condición sumergida, pero no completamente llena porque debido a las pérdidas a la entrada de tubería la vena líquida se contrae y obliga a la alcantarilla a trabajar parcialmente llena dado que su comportamiento es de vaso comunicante. En el caso de las tuberías de Ø36” que se encuentran trabajando en el límite de la altura del umbral de entrada, podrían reforzarse con otras tuberías.

En el kilómetro 31+700 se ubica una batería de tubos de Ø36”, es de mencionar que dicho sistema estructural no es funcional para eventos atemporalados donde los niveles de inundación crecieron a casi 2.0 metros (tormenta Stan), debido a que el sistema trabajó como una represa y no como vasos comunicantes por lo que se propone proyectar una estructura más adecuada, como un sistema de cajas múltiples.

#### **3.4.1.8 Características topohidráulicas de obras de drenaje transversal existentes**

Como se ha mencionado anteriormente, todas las obras de drenajes trabajan como vasos comunicantes, y por la naturaleza plana de la topografía del terreno, carecen de una pendiente hidráulica, por lo que se encuentran instaladas únicamente para permitir el paso del agua de un lado a otro en los procesos de acercamiento y retiro cuando ocurren las inundaciones.

### **3.4.2 Estudio geológico.**

#### **3.4.2.1 Generalidades.**

La determinación de las condiciones geológicas, geomorfológicas y riesgos de carácter geológico presentes en el área del proyecto, se llevó a cabo considerando 500 metros a ambos lados a partir del eje del trazo proyectado. Con base a este estudio se estableció que los materiales geológicos consisten en su totalidad en sedimentos constituidos en su mayoría por arena bien confinada de origen aluvial y marino, de granulometría fina a media y de edad geológica reciente, y por consiguiente pertenecientes a la formación San Salvador, la cuál tiene la suficiente capacidad para soportar la transmisión de esfuerzos provenientes del paso de vehículos de diferente tonelaje.

Este proyecto se inicia en el estacionamiento 0+000 con una altura sobre el nivel del mar de 9.0 metros, a una distancia de aproximadamente 425 metros al sureste del río Lempa, y termina con una altura de 3 m.s.n.m. en un sitio localizado entre los caseríos El Icaco y Poza de Siempre a unos 250 metros del Océano Pacífico. Tal como ha sido mencionado, los únicos materiales geológicos que se observan consisten en arena de granulometría fina a media, con una profundidad no conocida, pero superior a los 20 metros, la cual se caracteriza por ser bastante permeable, de tal manera que el nivel freático se encuentra cercano a la superficie, localizándosele en la estación lluviosa a profundidades que oscilan entre 0.5 a 1.0 metros y durante la estación seca entre 2.0 a 3.0 metros.

Debido a la alta permeabilidad con precipitaciones de gran intensidad la ruta queda completamente inundado de agua, el estudio geológico considera necesario que la superficie de rodaje se levante entre 0.5 a 1.0 metros, precisamente para mejorar el drenaje de las aguas superficiales.

Desde el punto de vista geológico y geotécnico no se observa la presencia de arcillas, aún cuando en el estacionamiento 0+300 se nota la presencia de un material de color

negro y plástico, , que según los ensayos realizados, corresponde a un MH, es decir, se trata de un limo inorgánico plástico.

Los suelos existentes en el área del proyecto deben se consideraron como licuefactables, por su contenido areno – limoso y por su estado de saturación.

Los riesgos de naturaleza geológica relacionados con una posible erupción volcánica son nulos, puesto que los volcanes activos se encuentran a distancias aproximadas que oscilan entre 27 y 34 kilómetros del Proyecto (volcán de San Vicente y San Miguel). Lo mismo puede mencionarse con relación a movimientos de tierra, tales como deslizamientos y desprendimientos, puesto que no existen taludes o laderas naturales a lo largo del trazo de la vía. Con relación a la erosión, ésta es mínima, ya que las planicies formadas por arena poseen pendientes que varían entre 1% a 2%.

En lo referente al tectonismo, se debe mencionar la ausencia de fallas geológicas en esta área, lo cual no significa que no puedan ser percibidos sismos con epicentros localizados en otros lugares, es decir, no deja de representar un riesgo, lo cual indica que la carretera siempre estará propensa a ser afectada por un sismo violento asociado al fenómeno de la licuefacción, especialmente los provocados por el movimiento de las placas tectónicas de Cocos y El Caribe.

#### **3.4.2.2 Objetivos principales del estudio geológico.**

Los objetivos principales del estudio geológico se mencionan a continuación:

- Identificación de los materiales geológicos observados a lo largo del trazo proyectado, con la finalidad de conocer el comportamiento o respuesta de estos materiales ante el incremento del rodaje vehicular a la que se verán sometidos, especialmente si se toma en cuenta la presencia de arena suelta y la poca

profundidad del agua subterránea, que ante la ocurrencia de un terremoto, pueden dar lugar al fenómeno de la licuefacción.

- Determinación de los riesgos naturales de carácter geológico relacionados especialmente con el riesgo sísmico, que si bien en el área del proyecto no existen fallas geológicas, esto no significa que no se perciban sismos, especialmente los provocados por el movimiento de las placas tectónicas de Cocos y El Caribe, que de igual manera pueden dar lugar al fenómeno de la licuefacción, tal como ha sido mencionado.

#### **3.4.2.3 Geomorfología en el área del proyecto.**

El inicio del proyecto se encuentra en una terraza aluvial que se extiende hasta la comunidad Las Mesitas (estacionamiento 2 + 500). En esta terraza existe la amenaza de inundaciones provocadas por crecidas provenientes del río Lempa, principalmente en el estacionamiento 0+000, que se encuentra aproximadamente a 425 metros del río. (Fotografía 3.1).



**Fotografía 3.1 Estacionamiento 0 + 000. Altura sobre el nivel del mar: 9. 0 metros  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Se trata de un área con un origen bastante reciente (Formación San Salvador), en la que predominan pendientes menores de 1%, sin relieve ni disección, donde los estratos inferiores están compuestos de materiales arenosos y francos de origen aluvial, con un drenaje interno y externo considerado bueno; sin embargo, durante la estación lluviosa y sobre todo cuando las precipitaciones pluviales se intensifican, el agua subterránea emerge a la superficie en determinados lugares, dando lugar a inundaciones. En la época del estiaje los suelos son secos.

Los suelos con vocación agrícola que se forman en esta terraza aluvial son franco - arenosos finos y estratificados que pertenecen al gran grupo de los regosoles aluviales. Los que se observan sobre la superficie, que son de color café grisáceo claro, han sido depositados por inundaciones ocurridas en tiempo reciente. Poseen una buena permeabilidad y una moderada capacidad de retención de humedad.

En la misma comunidad Las Mesitas y hacienda del mismo nombre (estacionamiento 2+500) se encuentra una unidad geomorfológica similar a la anterior, puesto que también constituye una planicie aluvial de la zona baja costera, con pendientes predominantes menores del 2% y sin disección (Fotografía 3.2), donde el drenaje interno es moderado en su mayoría, mientras que el externo es algo lento, razón por la que algunas áreas permanecen inundadas durante la estación lluviosa.



**Fotografía 3.2 Estacionamiento 3 + 000. Carretera en planicie aluvial/Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Los suelos con vocación agrícola son franco y franco limosos con colores que varían de café a gris oscuro, con gran presencia de moteos de color café amarillento. Son algo plásticos y pegajosos, además de ser friables y de poseer una buena capacidad de retención de humedad y alta capacidad de producción agrícola.

El aspecto geomorfológico de mayor relevancia en esta área es sin duda la formación de la Bahía de Jiquilisco, la cual se encuentra en una planicie, con pendientes del 1% al 2%, formada por la deposición de arena en su mayoría de origen marino. Los manglares que forman parte de la Bahía de Jiquilisco están formados por suelos halomórficos, localizados en áreas bajas y planas adyacentes al mar y en los esteros inundados por las altas mareas, así como también se encuentran en ciertas playas de mar y áreas secas.

Son lugares que constantemente permanecen mojados durante todo el año, ya que son invadidos por las mareas altas. El drenaje en términos generales es muy pobre. (Fotografía 3.3).



**Fotografía 3.3. Vista parcial de la Bahía de Jiquilisco/  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Predominan los suelos estratificados de textura franco arenosos y limosos, con un color superficial gris oscuro, mientras que los estratos inferiores son de color oliváceo que varía de claro a oscuro, además de presentarse muy moteados. Todos ellos contienen una gran cantidad de sales debido a la influencia marina en el proceso de su formación.

Otra sección se extiende desde el cantón y caserío San Juan del Gozo hasta el cantón y caserío Isla de Méndez (estacionamiento 6+000 a 13+000) y desde la Comunidad Ceiba Doblada hasta el cantón y caserío Corral de Mulas (19+000 a 28+000), donde el área en estudio se encuentra formando parte de planicies costeras sin disección o con ligeras ondulaciones paralelas al mar.

Los estratos existentes están compuestos por arena marina, con un drenaje que varía de bueno a excesivo (Fotografía 3.4).



**Fotografía 3.4. Estacionamiento 4 + 500. Vista de planicie costera/  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Los suelos con vocación agrícola pertenecen al grupo de los regosoles, los cuales se caracterizan por ser profundos y moderadamente arenosos. Han sido clasificados como franco arenosos finos, muy friables y de color café grisáceo muy oscuro. La capacidad de retención de humedad es considerada baja y su fertilidad, moderada.

Al sur del cantón y caserío Corral de Mulas extendiéndose hasta el cantón y caserío El Icaco (estacionamiento 28+000 a 31+000), se presentan cordones litorales en islas y penínsulas que están paralelas al mar, con un relieve bastante bajo de 1.5 metros. En esta

unidad geomorfológica los materiales que se observan consisten en arena de origen marino, con un drenaje que varía de algo restringido a excesivo (Fotografía 3. 5).



**Fotografía 3. 5. Vista parcial al sur del cantón y caserío El Icaico.  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Los suelos agrícolas pertenecen también al grupo de los regosoles, pero constituyen un complejo de suelos franco arenosos finos, arena francosos y arenosos, con una gran presencia de moteos grandes de color gris y café amarillento. La estructura que presentan es masiva y su consistencia es friable.

Finalmente, en la Península de San Juan del Gozo (estacionamiento 11+000 a 32+000) se presentan cordones litorales y playas arenosas a orillas del mar, con una topografía prácticamente a nivel o en ondulaciones suaves y sin disección, donde los estratos están formados por arena de color gris de origen marino, los cuales poseen un drenaje bastante alto.

Al igual que en los casos anteriores, los suelos pertenecen al grupo de los regosoles, en los cuales el horizonte superficial está constituido por arena francosa o arena fina muy suelta de color gris muy oscuro de origen marino, con un espesor de 20 centímetros.

Los estratos inferiores son también arenosos y de color gris. Estos suelos, además de ser profundos, poseen una gran permeabilidad y una baja capacidad de retención de humedad (ver Fotografía 3.6).



**Fotografía 3.6. Vista parcial de la Península de San Juan del Gozo/Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

#### **3.4.2.4 Hidrogeología.**

Tal como ha sido expuesto, el área del proyecto está constituida por unidades geológicas que han dado lugar a planicies compuestas por arenas aluviales y marinas, que en profundidad sobrepasan a los 20 metros. Todos estos materiales son permeables, por lo que a profundidades menores de 3.0 metros son susceptibles de almacenar y transmitir el agua (Fotografía 3.7).

El nivel freático de estos acuíferos se acerca a la superficie durante la estación lluviosa, de tal manera que cuando las precipitaciones pluviales se intensifican debido a “temporales” o por la ocurrencia de tormentas tropicales de gran magnitud, se producen inundaciones debido a la saturación total de los poros de la arena.



**Fotografía 3.7. Pozo artesanal en una vivienda de la Comunidad Las Mesitas/  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Durante el estiaje, el nivel freático desciende hasta una profundidad de aproximadamente 3.0 metros.

La presencia cercana del agua subterránea a la superficie representa un riesgo asociado con el fenómeno de la licuefacción, ya que los materiales geológicos por su contenido areno – limoso y por su estado de saturación, ante la ocurrencia de un terremoto pueden propiciar un incremento de las presiones intersticiales, hasta alcanzar valores del orden de la presión total existente, con lo cual la presión efectiva prácticamente se anula, dejando los granos de estar en contacto eliminándose con ello la resistencia al corte, adquiriendo los materiales un comportamiento similar a la de un líquido, suficiente para que se originen movimientos verticales y horizontales de su masa.

Debe tomarse en cuenta que los suelos susceptibles a perder parte de su resistencia ante sollicitaciones dinámicas son los constituidos por arenas finas y sueltas y por arenas y limos mal graduados, a lo cual se puede agregar que algunas de las condiciones para que tenga lugar el fenómeno de la licuefacción son las siguientes: que el nivel freático se encuentre a menos de 3. 0 metros de la superficie; que el grado de saturación sea del

100%; que el grado de compactación sea bajo, similar a valores N de SPT menores a 20 golpes y que se produzcan movimientos sísmicos con magnitudes de 5.5 ó mayores, con aceleraciones superiores o iguales a 0.2 g. Todo lo anterior también debe ser tomado en cuenta en el estudio geotécnico.

Respecto a la calidad del agua consumida por los habitantes de esta zona, se estima que se encuentra contaminada por las aguas negras y servidas.

### 3.3.2.5 Pozos artesanales en el área del proyecto.

En el área de este proyecto se ha excavado una gran cantidad de pozos artesanales aprovechando la poca profundidad a la que se encuentra el agua subterránea. Con el propósito de obtener un estimado del número de pozos, en la etapa de diseño se realizó una consulta a pobladores de cada uno de los cantones y caseríos (Ver tabla 3.9):

Comunidad	Est.	Número de pozos	Profundidad del agua subterránea	Clase de agua	Periodo de explotación
La Chacastera	0 + 500	Cuentan con servicio de Agua Potable			
Comunidad Los Calix	2 + 000	10	1.5 m	Salina	Todo el año
Comunidad Las Mesitas	2 + 500	80	1.5 m	Salina, en algunos pozos dulce.	Todo el año
Cantón y caserío San Juan del Gozo	6 + 000	400	1.0 a 2.0 m	Dulce	Todo el año
Hacienda El Cocodrilo	8 + 700	2	1.5 m	Dulce.	Todo el año
Cantón Y caserío Isla De Méndez	13 + 000	900	2.0 m	Más salina que dulce.	-
Comunidad Los Conacastes	14 + 000	12	1.5 m	Dulce	-
Comunidad Los Llanos	16 + 000	150	2.0 m	Dulce	-
Haciendas Los Ángeles y San Luis	17 + 000 a 18 + 000	1	1.0 m	Dulce.	-
Comunidad Ceiba Doblada	19 + 000	70	3.0 m	Dulce	-
Caserío El Retiro	23 + 000	30	2.0 m	Dulce	-

Comunidad	Est.	Número de pozos	Profundidad del agua subterránea	Clase de agua	Periodo de explotación
Caserío El Chile	24 + 500	35	2.0 m	Dulce	-
Cantón y caserío corral de mulas	28 + 000	1500	2.0 m	Dulce	-
Caserío El Icaco	31 + 000	250	3.0 m	Dulce	-

**Tabla 3.9 Distribución de pozos artesanales en propiedades aledañas al proyecto / Información proporcionada por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Públicas (MOP).**

El número total de pozos de acuerdo a la información proporcionada por los residentes asciende a la cantidad de 3440, lo cual debe ser considerado como un estimado. La profundidad del agua subterránea en todos estos pozos oscila entre 0.5 metros durante la estación lluviosa a 3.0 metros durante la estación seca, siendo en la mayoría de los casos agua dulce la que se explota, pero de calidad dudosa.

#### **3.4.2.6 Granulometría de los suelos a lo largo de la obra vial**

El tamaño de las partículas que predomina corresponde al de las arenas confinadas que no contienen arcillas, las cuales presentan algunas características, tal como se presenta a continuación en la Tabla 3.10.

PROPIEDADES	ARENA
Plasticidad	No plástica
Susceptibilidad a los cambios de volumen	Muy débiles o prácticamente despreciables
Permeabilidad	Permeable
Drenaje	Se drena rápidamente por gravedad; apropiada para capas – filtro.
Capilaridad	La altura capilar se alcanza rápidamente, pero es débil.
Compresibilidad	Es compresible cuando está suelta. La compresión puede realizarse muy rápidamente cuando ha sido compactada, la compresibilidad es muy débil.
Resistencia al cizallamiento	Solamente se moviliza la fricción entre los granos y varía de fuerte cuando está compacta a débil cuando está suelta.
Sensibilidad a las vibraciones	Seca = compactación rápida Saturada = licuefacción (sismos violentos)

**Tabla 3.10 Propiedades de Arenas / Información proporcionada por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Públicas (MOP).**

### **3.4.2.7 Geología local.**

#### **3.4.2.7.1 Generalidades.**

El proyecto se inicia en el estacionamiento 0+000, en una planicie constituida por terrazas aluviales que se encuentran a 9 metros de altura sobre el nivel del mar. En el proceso formativo de estas terrazas ha jugado un papel muy importante el río Lempa, el cual se encuentra aproximadamente a 425 metros de distancia de este sitio.

Se trata de un área de edad geológica bastante reciente (Formación San Salvador), en la que las pendientes que predominan son menores del 1%, sin relieve ni disección y donde los estratos inferiores están formados por materiales arenosos de origen aluvial que poseen un buen drenaje interno y externo; sin embargo, durante la estación lluviosa y principalmente cuando las precipitaciones pluviales se incrementan.

El agua subterránea emerge a la superficie en determinados lugares debido a que satura por completo los poros de la arena, ocasionando con ello inundaciones. En la época del estiaje los suelos arenosos son secos, pero con el nivel freático a una profundidad de más o menos 3 m.

En el estacionamiento 0+300, se observa en el drenaje que se encuentra en el lateral izquierdo, un anegamiento de agua en un material de color negro, de gran plasticidad, pegajoso y expansivo, que según los ensayos realizados, corresponde a un MH, es decir, se trata de un limo inorgánico plástico, el cual presenta las siguientes características: después de la compactación es poco permeable a permeable; su resistencia a los esfuerzos tangenciales luego de la compactación y saturación es mediocre a mala; la compresibilidad después de la compactación y saturación, es elevada y finalmente, las características del drenaje son mediocres a malas. (Fotografía 3.8).



**Fotografía 3.8. Estacionamiento 0 + 300, lateral izquierdo. Anegamiento de agua en un material orgánico plástico, MH.  
/Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

En el estacionamiento 1 +000, donde se localiza la Comunidad La Chacastera, se tiene una retención de agua denominada Laguneta Salada, que como su nombre lo indica, contiene agua salina, representando amenaza que ante un sismo muy violento se pueda presentar el fenómeno de la licuefacción, que de acuerdo al decir de los habitantes se produjo en otros lugares al ocurrir el terremoto del 13 de enero del 2001 (Fotografía 3.9).



**Fotografía 3.9. Estacionamiento 1+000, lateral derecho. Vista de la Laguneta Salada/ Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

En la Comunidad Las Mesitas y hacienda del mismo nombre (estacionamiento 2 + 500) las condiciones geológicas son las mismas, puesto que también se observa una planicie aluvial de la zona baja costera, en este caso con pendientes predominantes menores del 2% y sin disección, (Fotografía 3.10), donde el drenaje interno es moderado en su mayoría, mientras que el externo es algo lento, razón por la que algunas áreas permanecen inundadas durante la estación lluviosa.

Los suelos son franco y franco limosos con colores que cambian de café a gris oscuro, con mucha presencia de moteos de color café amarillento. Son algo plásticos y pegajosos, además de ser friables y de poseer una buena capacidad de retención de humedad.



**Fotografía 3.10. Estacionamiento 3 + 000. Carretera en planicie aluvial/  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

La Bahía de Jiquilisco se encuentra en una planicie con pendientes del 1 al 2%. Está formada por arena en su mayor parte de origen marino que ha dado lugar a depósitos de estuario en manglares que han dado lugar a suelos halomórficos, localizados en áreas bajas y planas adyacentes al mar y en los esteros inundados por las altas mareas, así como también se encuentran en ciertas playas de mar y áreas secas. Son lugares que constantemente permanecen mojados durante todo el año, ya que son invadidos por las mareas altas. El drenaje en términos generales es muy pobre. (Fotografía 3.11).



**Fotografía 3. 11. Depósitos de arena de origen marino en la Bahía de Jiquilisco/  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Desde el cantón y caserío San Juan del Gozo hasta el cantón y caserío Isla de Méndez (estacionamiento 6+000 a 12+000) y desde la Comunidad Ceiba Doblada hasta el cantón y caserío Corral de Mulas (estacionamiento 19+000 a 28+000), la geología se encuentra formando parte de planicies costeras sin disección o con ligeras ondulaciones paralelas al mar formadas por estratos de arena marina, con un drenaje que varía de bueno a excesivo.

En lo que respecta a la profundidad del agua subterránea, el nivel freático, al igual que en los casos anteriores, se encuentra a profundidades menores de 3.0 metros, por lo que cuando las lluvias se incrementan durante la estación lluviosa, la superficie del terreno queda completamente inundada, por lo que algunos vecinos de San Juan del Gozo han construido sus viviendas sobre columnas que presentan una altura aproximada de 0.5 a 1.0 metro con relación a la superficie (Fotografía 3.12).



**Fotografía 3. 12. Viviendas construidas sobre columnas para evitar ser inundadas durante la estación lluviosa. Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

Al sur del cantón y caserío Corral de Mulas, prolongándose hasta el cantón y caserío El Icaco (28+000 a 30+000) se ven cordones litorales en islas y penínsulas que están paralelas al mar, con un relieve bastante bajo de 1.5 m, formado por arena de origen marino, con un drenaje que varía de algo restringido a excesivo . Los suelos varían de franco arenosos finos a arena francosos y arenosos, con mucha presencia de moteos grandes de color gris y café amarillento. La estructura que presentan es masiva y su consistencia es friable.

Finalmente, en la Península de San Juan del Gozo (estacionamiento 11+000 a 32+000) se observa la presencia de cordones litorales y playas arenosas a orillas del mar, con una topografía casi a nivel o en ondulaciones suaves y sin disección, donde los estratos están formados por arena de color gris de origen marino, los cuales poseen un drenaje bastante alto (Fotografía 3.13).

En lo que respecta a suelos, el horizonte superficial está formado por arena francosa o arena fina muy suelta de color gris muy oscuro de origen marino, con un espesor de 20 centímetros. Los estratos inferiores son también arenosos y de color gris. Poseen una gran permeabilidad y una baja capacidad de retención de humedad.



**Fotografía 3.13. Vista parcial de la Península de San Juan del Gozo/  
Proporcionadas por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas**

En lo referente al tectonismo, no se observa la presencia de ninguna falla geológica, lo cual no significa que en ella no se sientan movimientos sísmicos, pero con epicentros localizados en otras partes. De igual manera, por su cercanía con el océano Pacífico está supeditada al movimiento de las placas tectónicas de Cocos y El Caribe, que en determinadas ocasiones han provocado sismos de gran violencia.

#### **3.4.2.7.2 Actividad sísmica en la zona oriental.**

La región oriental presenta registros relacionados con movimientos sísmicos localizados únicamente en los departamentos de La Unión, San Miguel y Usulután.

Un detalle de esta actividad sísmica ocurrida a partir del año 1787 se puede apreciar en tabla 3.11, en el entendido de que únicamente aparecen los que causaron grandes daños.

Año	Región	Descripción
1787	San Miguel	Erupción del volcán de San Miguel asociada con una serie de sismos
1838	Chinameca	Terremoto con destrucción total de Chinameca
1879	Jucuapa	Terremoto que provoca ruina total en esta ciudad
1899	La Unión	Movimientos sísmicos fuertes en la zona del Golfo de Fonseca con daños en la ciudad de La Unión
1947	La Unión	Sismos que provocan daños en la ciudad de La Unión
1951	Jucuapa	Movimiento sísmico violento que destruye Jucuapa, Chinameca, San Buena Ventura y Nueva Guadalupe
2001	Usulután	Movimiento sísmico violento ocurrido el 13 de enero, con grandes daños a nivel nacional. En el área del proyecto se dio el fenómeno de la licuefacción en algunos sitios.

**Tabla 3.11 Actividad sísmica en la zona oriental a partir de 1787/ Información proporcionada por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Públicas (MOP).**

#### **3.4.2.7.3 Riesgos de carácter geológico.**

El Salvador es un país que en innumerables ocasiones ha sido víctima de desastres naturales de carácter geológico, los desastres naturales considerados se han clasificado como telúrico – tectónicos, los cuales están relacionados con la actividad sísmica que es el producto de la interacción entre las placas de Cocos y El Caribe, que a su vez producen varios subprocesos que son los responsables de la sismicidad que afecta al país.

#### **3.4.2.8 Riesgo sísmico.**

El área del proyecto se encuentra en una zona exenta de fallas geológicas locales, sin que esto signifique que no se puedan sentir sismos con epicentros localizados en otros lugares, en las cercanías del Océano Pacífico que es donde se origina la mayoría de los sismos percibidos en el país.

A pesar de ello, se debe considerar que los suelos que son susceptibles a perder parte de su resistencia ante sollicitaciones dinámicas son las arenas finas y sueltas y las arenas y limos mal graduados.

En este sentido, algunas de las condiciones para que tenga lugar el fenómeno de la licuefacción son las siguientes:

- a. Que el nivel freático del agua subterránea se encuentre a menos de 3.0 metros de la superficie.
- b. Que el grado de saturación sea del 100%.
- c. Que el grado de compactación sea bajo, similar a valores N de SPT menores a 20 golpes, con un contenido de finos inferior al 10%.
- d. Que se produzcan movimientos sísmicos con intensidades de VI en la escala Modificada de Mercalli y magnitudes de 5.5 ó mayores, con aceleraciones superiores o iguales a 0.2 g.

#### **3.4.2.9 Estudio fotogeológico.**

Este estudio es de gran ayuda ya que permite tener una panorámica de toda el área del proyecto. Para llevar a cabo el estudio fotogeológico se hizo uso de un juego de fotografías, al momento de realización del diseño, pudo observarse el trazado del camino desde el estacionamiento inicial hasta el último, sin notar efectos relevantes de erosión hídrica sobre dicho camino y sus alrededores cercanos.

El aspecto más relevante que se vio está relacionado con la presencia de la Bahía de Jiquilisco con sus diferentes islas al norte del área del Proyecto.

En lo que respecta al tectonismo, el estudio fotogeológico no detectó la presencia de ninguna falla geológica en el área estudiada, tal como se pudo establecer con el estudio geológico de campo realizado y tal como lo hace saber también la misión geológica Alemana en el levantamiento geológico que efectuó en nuestro país. Sin embargo, esto no quiere decir que la zona no es altamente sísmica, puesto que se encuentra

prácticamente a orillas del Océano Pacífico, donde se tiene el fenómeno de subducción entre las placas tectónicas de Cocos y El Caribe.

### 3.4.3 Estudio geotécnico.

#### 3.4.3.1 Generalidades.

La investigación geotécnica tiene por finalidad, definir la naturaleza de los materiales a excavar, modo de excavación, la capacidad de soporte del terreno para apoyar los rellenos a ejecutar, la manera de realizarlos, los asentamientos que puedan producirse, medidas a tomar para incrementarlos en caso de no ser aceptables y las medidas a tomar para disminuir los asentamientos o acelerarlos, de tal forma de construir una subrasante segura para la colocación del pavimento.

El planeamiento de la investigación realizada en la etapa de diseños comprendió setenta (70) pozos a cielo abierto (PCA) con la obtención de muestras alteradas, para evaluar la condición de la subrasante, para determinar la profundidad del descapote, o problemas en la subrasante. Los PCA se ubican a cada 500 m sobre el trazo inicial del camino y tienen una profundidad de 1.50 m.

#### 3.4.3.2 Resultados obtenidos.

A continuación se muestran en la tabla 3.12, los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos realizados tanto en el campo como en el laboratorio, en la etapa de diseño del proyecto.

Granulometría, límites de Atterberg y clasificación de suelos (S.U.C.S Y AASHTO).

PCA N °	Estación	Grava %	Arena %	Finos %	LL %	LP %	IP %	Clasificación	
								SUCS	AASHTO
1	0+000 (1)	15.1	65.2	19.7	31	26	5	SM	A-2-4(0)
	(2)	0.0	32.7	67.3	46	31	15	OL	A-7-5 (10)
2	0+500 (1)	0.0	16.7	83.3	46	30	16	ML	A-7-5(15)

PCA N °	Estación	Grava %	Arena %	Finos %	LL %	LP %	IP %	Clasificación	
								SUCS	AASHTO
	(2)	0.3	6.0	93.7	59	34	25	OH	A-7-5(29)
3	1+000 (1)	42.9	35.3	21.8	30	22	8	GC	A-2-4(0)
	(2)	0.0	1.1	98.9	--	--	NP	ML	A-4
4	1+500 (1)	0.10	39.6	60.3	--	--	NP	ML	A-4
	(2)	0.0	96.5	3.5	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	85.1	14.9	--	--	NP	SM	A-2-4
5	2+000 (1)	0.1	46.4	53.5	22	18	4	CL-ML	A-4(0)
	(2)	0.0	17.2	82.8	40	34	6	OL	A-2-4(0)
	(3)	0.0	57.4	42.6	--	--	NP	SM	A-4
	(4)	0.0	98.4	1.6	--	--	NP	SP	A-3
6	2+500 (1)	25.8	44.6	29.6	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	15.6	84.4	--	--	NP	ML	A-4
	(3)	0.0	19.4	80.6	--	--	NP	ML	A-4
7	3+000 (1)	30.1	35.8	34.1	24	20	4	SC-SM	A-2-4(0)
	(2)	0.0	84.2	15.8	39	28	11	SM	A-2-6(0)
8	3+500 (1)	12.8	61.0	26.2	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	1.5	63.6	34.9	--	--	NP	SM	A-2-4
	(3)	0.0	87.5	12.5	--	--	NP	SM	A-2-4
9	4+000 (1)	24.6	50.5	24.9	23	19	4	SC-SM	A-2-4(0)
	(2)	0.0	89.6	1.4	--	--	NP	SP	A-3
10	4+500 (1)	9.8	59.5	30.7	26	24	2	SM	A-2-4(0)
	(2)	0.0	95.3	4.7	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	99.4	0.6	--	--	NP	SP	A-3
11	5+000 (1)	23.3	52.0	24.7	32	26	6	SM	A-1-b(0)
	(2)	0.0	96.5	3.5	--	--	NP	SP	A-3
12	5+500 (1)	0.0	89.1	10.9	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(2)	0.0	94.4	5.6	--	--	NP	SP-SM	A-3
13	6+000 (1)	14.0	41.2	44.8	--	--	NP	ML	A-4
	(2)	0.0	88.5	11.5	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(3)	0.0	97.9	2.1	--	--	NP	SP	A-3
14	6+500 (1)	43.0	42.5	14.5	--	--	NP	GM	A-1-a
	(2)	0.0	75.2	24.8	--	--	NP	SM	A-2-4

PCA N °	Estación	Grava %	Arena %	Finos %	LL %	LP %	IP %	Clasificación	
								SUCS	AASHTO
	(3)	0.0	91.2	8.8	--	--	NP	SP-SM	A-3
15	7+000 (1)	48.7	37.1	14.2	--	--	NP	GM	A-1-a
	(2)	0.0	82.6	17.4	--	--	NP	SM	A-2-4
	(3)	0.0	92.8	7.2	--	--	NP	SP-SM	A-3
16	7+500 (1)	38.4	45.5	16.1	--	--	NP	SM	A-1-b
	(2)	0.0	88.0	12.0	--	--	NP	SM	A-2-4
	(3)	0.0	96.6	3.4	--	--	NP	SP	A-3
17	8+000 (1)	66.1	26.3	7.6	--	--	NP	GP	A-1-a
	(2)	0.2	80.0	19.8	--	--	NP	SM	A-2-4
	(3)	0.0	93.8	6.2	--	--	NP	SP-SM	A-3
18	8+500 (1)	61.9	30.8	7.3	--	--	NP	GP- GM	A-1-a
	(2)	0.0	79.0	21.0	--	--	NP	SM	A-2-4
	(3)	0.0	96.1	3.9	--	--	NP	SP	A-3
19	9+000 (1)	0.0	83.8	16.2	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	95.8	4.2	--	--	NP	SP	A-3
20	9+500 (1)	0.0	91.8	8.2	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	97.2	2.8	--	--	NP	SP	A-1-b
21	10+000(1)	0.0	85.4	14.6	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	100	0.0	--	--	NP	SP	A-1-b
22	10+500(1)	0.0	85.1	17.9	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	100	0.0	--	--	NP	SP	A-1-b
23	11+000(1)	0.0	90.1	9.9	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	82.2	17.8	--	--	NP	SM	A-2-4
24	11+500(1)	0.0	90.6	9.4	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	97.7	2.3	--	--	NP	SP	A-3
25	12+000(1)	0.0	62.2	37.8	--	--	NP	SM	A-4
	(2)	0.0	99.9	0.1	--	--	NP	SP	A-1-b
26	12+500(1)	0.0	90.0	10.0	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.2	0.8	--	--	NP	SP	A-3
27	13+000(1)	0.0	59.0	41.0	--	--	NP	SM	A-4
	(2)	0.0	100	0.0	--	--	NP	SP	A-3

PCA N °	Estación	Grava %	Arena %	Finos %	LL %	LP %	IP %	Clasificación	
								SUCS	AASHTO
28	13+500(1)	0.0	91.3	8.7	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	97.4	2.6	--	--	NP	SP	A-3
29	14+000(1)	0.0	89.9	10.1	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(2)	0.0	96.5	3.5	--	--	NP	SP	A-3
30	14+500(1)	0.0	90.9	9.1	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	97.8	2.2	--	--	NP	SP	A-3
31	15+000(1)	0.0	92.5	7.5	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.4	0.6	--	--	NP	SP	A-3
32	15+500(1)	0.0	87.6	12.4	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	99.7	0.3	--	--	NP	SP	A-3
33	16+000(1)	0.0	93.9	6.1	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.4	0.6	--	--	NP	SP	A-3
34	16+500(1)	0.0	94.3	5.7	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.6	0.4	--	--	NP	SW	A-1-b
35	17+000(1)	0.0	97.6	2.4	--	--	NP	SP	A-3
	(2)	0.0	100	0.0	--	--	NP	SP	A-3
36	17+500(1)	0.0	91.1	8.9	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.4	0.6	--	--	NP	SP	A-1-b
37	18+000(2)	0.0	100	0.0	--	--	NP	SP	A-1-b
38	18+500(1)	0.0	94.0	6.0	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.6	0.4	--	--	NP	SP	A-3
39	19+000(1)	0.0	90.2	9.8	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	98.9	1.1	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	84.4	15.6	--	--	NP	SM	A-2-4
40	19+500(1)	0.0	93.5	6.5	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.3	0.7	--	--	NP	SP	A-1-b
	(3)	0.0	99.3	0.7	--	--	NP	SP	A-1-b
41	20+000(1)	0.0	94.3	5.7	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	83.4	16.6	--	--	NP	SP	A-2-4
42	20+500(1)	0.0	89.9	10.1	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(2)	0.0	85.0	15.0	--	--	NP	SM	A-2-4
43	21+000(1)	24.3	66.0	9.7	--	--	NP	SP-SM	A-1-b

PCA N °	Estación	Grava %	Arena %	Finos %	LL %	LP %	IP %	Clasificación	
								SUCS	AASHTO
	(2)	0.0	90.9	9.1	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(3)	0.0	98.7	1.3	--	--	NP	SP	A-3
44	21+500(1)	0.0	91.4	8.6	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.0	1.0	--	--	NP	SP	A-1-b
45	22+000(1)	0.0	88.9	11.1	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(2)	0.0	98.9	1.1	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	99.7	0.3	--	--	NP	SP	A-3
46	22+500(1)	0.0	90.4	9.6	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.7	0.3	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	99.5	0.5	--	--	NP	SP	A-1-b
47	23+000(1)	0.0	89.9	10.1	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(2)	0.0	98.9	1.1	--	--	NP	SP	A-1-b
48	23+500(1)	0.0	88.6	11.4	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(2)	0.0	98.9	1.1	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	99.2	0.8	--	--	NP	SP	A-1-b
49	24+000(1)	0.0	95.2	4.8	--	--	NP	SP	A-3
	(2)	0.0	99.7	0.3	--	--	NP	SP	A-1-b
50	24+500(1)	0.0	92.8	7.2	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.7	0.3	--	--	NP	SP	A-1-b
51	25+000(1)	0.0	93.8	6.2	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.7	0.3	--	--	NP	SP	A-1-b
52	25+500(1)	0.0	92.2	7.8	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.5	0.5	--	--	NP	SP	A-1-b
53	26+000(1)	0.0	96.0	4.0	--	--	NP	SP	A-3
	(2)	0.0	98.3	1.7	--	--	NP	SP	A-3
54	26+500(1)	0.0	93.8	6.2	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.8	0.2	--	--	NP	SP	A-1-b
55	27+000(2)	0.0	98.6	1.4	--	--	NP	SP	A-3
56	27+500(1)	0.0	84.6	15.4	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	99.1	0.9	--	--	NP	SP	A-3
57	28+000(1)	0.0	89.9	10.1	--	--	NP	SP-SM	A-2-4
	(2)	0.0	99.7	0.3	--	--	NP	SP	A-1-b

PCA N °	Estación	Grava %	Arena %	Finos %	LL %	LP %	IP %	Clasificación	
								SUCS	AASHTO
	(3)	0.0	86.8	13.2	--	--	NP	SM	A-2-4
58	28+500(1)	0.0	90.5	9.5	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	98.2	1.8	--	--	NP	SP	A-3
59	29+000(1)	0.0	91.3	8.7	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	98.7	1.3	--	--	NP	SP	A-3
60	29+500(1)	0.0	94.7	5.3	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	95.0	5.0	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(3)	0.0	97.6	2.4	--	--	NP	SP	A-3
61	30+000(1)	0.0	85.9	14.1	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	95.6	4.4	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	96.6	3.4	--	--	NP	SP	A-3
62	30+500(1)	0.0	80.0	20.0	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	83.9	16.1	--	--	NP	SM	A-2-4
63	31+000(1)	0.0	83.6	16.4	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	97.7	2.3	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	95.9	4.1	--	--	NP	SP	A-3
64	31+500(1)	0.0	93.6	6.4	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	97.0	3.0	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	98.6	1.4	--	--	NP	SP	A-3
65	32+000(1)	0.0	94.3	5.7	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.5	0.5	--	--	NP	SP	A-3
66	32+500(2)	0.0	92.3	7.7	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(3)	0.0	98.6	1.4	--	--	NP	SP	A-3
67	33+000(1)	0.0	93.7	6.3	--	--	NP	SP-SM	A-3
	(2)	0.0	99.2	0.8	--	--	NP	SP	A-3
	(3)	0.0	98.3	1.7	--	--	NP	SP	A-3
68	33+500(1)	0.0	95.9	4.1	--	--	NP	SP	A-3
	(2)	0.0	99.4	0.6	--	--	NP	SP	A-3
69	34+000(1)	0.0	99.2	0.8	--	--	NP	SP	A-3
70	34+000(1)	0.0	87.2	12.8	--	--	NP	SM	A-2-4
	(2)	0.0	99.8	0.2	--	--	NP	SP	A-3

Tabla 3.12 Tabla clasificación de suelos y límites de Atterberg / Proporcionada por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Publicas (MOP).

### 3.4.3.3 Proctor, CBR de laboratorio y densidades de campo.

El objetivo principal de la compactación es obtener un suelo estructurado de tal manera que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra. La compactación del suelo es un proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos; el proceso implica una reducción rápida de los vacíos, ligada a una pérdida del volumen de aire atrapado.

Se establece el CBR como una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su valor relativo de soporte, para el apoyo de la estructura de pavimento.

Se presenta en tabla 3.13, un resumen de las características mecánicas del suelo del sitio del proyecto (características encontradas en etapa de diseño).

PCA No	Estación	Prof. (m)	C.B.R. (%) (*)	Hinch. (%)	% Contenido de Materia Orgánica	Suelo Tipo
1	0+000	0.20/1.50	3.3	3.8	8.2	OL
2	0+500	0.30/0.70	3.4	2.58	5.9	OH
3	1+000	0.15/0.45	6.5	3.4	5.5	ML
4	1+500	0.10/1.00	28.2	0.00	1.2	SP
5	2+000	0.60/0.70	8.9	2.7	6.1	OL
6	2+500	0.30/0.80	9.2	3.3	3.9	ML
7	3+000	0.46/1.50	6.9	0.26	2.8	SM
8	3+500	0.30/0.70	46.8	0.0	14.2	SM
9	4+000	0.30/1.50	23.8	0.00	2.2	SP
10	4+500	0.20/0.40	23.6	0.00	4.5	SP
11	5+000	0.50/1.50	29.2	0.00	6.0	SP
12	5+500	0.50/1.50	25.1	0.00	2.7	SP-SM
13	6+000	0.15/0.65	13.9	0.00	4.8	SP-SM
14	6+500	0.30/0.95	19.5	0.00	4.5	SM
15	7+000	0.45/1.00	37.0	0.00	2.5	SM
16	7+500	0.30/0.90	30.7	0.00	1.5	SM

PCA No	Estación	Prof. (m)	C.B.R. (%)*	Hinch. (%)	% Contenido de Materia Orgánica	Suelo Tipo
17	8+000	0.40/0.90	29.4	0.00	1.7	SM
18	8+500	0.35/0.60	31.9	0.00	4.0	SM
19	9+000	1.50	21.7	0.00	2.0	SP
20	9+500	0.40/1.50	6.8	0.00	0.9	SP
21	10+000	0.80/1.50	33.6	0.00	4.0	SP
22	10+500	0.50/1.50	4.2	0.00	2.6	SP
23	11+000	0.60/1.50	24.7	0.00	5.8	SM
24	11+500	0.40/1.50	8.6	0.00	3.3	SP
25	12+000	0.60/1.50	18.1	0.00	0.5	SP
26	12+500	0.60/1.50	18.3	0.00	2.2	SP
27	13+000	0.90/1.50	54.9	0.00	0.1	SP
28	13+500	0.55/1.50	27.7	0.00	2.4	SP
29	14+000	0.42/1.50	29.0	0.00	2.3	SP
30	14+500	0.65/1.50	6.4	0.00	3.6	SP
31	15+000	0.55/1.50	18.3	0.00	4.0	SP
32	15+500	0.31/1.50	20.7	0.00	3.0	SP
33	16+000	0.55/1.50	18.3	0.00	0.5	SP
34	16+500	0.65/1.50	19.5	0.00	0.6	SW
35	17+000	0.20/1.50	33.5	0.00	0.2	SP
36	17+500	0.20/1.50	15.3	0.00	1.3	SP
37	18+000	1.50	14.6	0.00	0.1	SP
38	18+500	0.40/1.50	32.6	0.00	0.3	SP
39	19+000	0.40/1.00	13.3	0.00	0.3	SP
40	19+500	0.20/1.00	22.3	0.00	0.1	SP
41	20+000	0.20/1.50	23.2	0.00	3.0	SP
42	20+500	0.20/1.50	22.2	0.00	3.8	SM
43	21+000	0.16/0.55	64.4	0.00	3.0	SP-SM
44	21+500	0.20/1.50	19.0	0.00	2.0	SP
45	22+000	0.30/1.00	21.9	0.00	0.1	SP
46	22+500	0.30/1.00	21.8	0.00	0.4	SP
47	23+000	0.50/1.50	20.6	0.00	1.7	SP
48	23+500	0.40/1.20	23.6	0.00	0.2	SP
49	24+000	0.30/1.50	14.6	0.00	0.2	SP
50	24+500	0.25/1.50	18.4	0.00	1.6	SP
51	25+000	0.40/1.50	17.9	0.00	0.4	SP

PCA No	Estación	Prof. (m)	C.B.R. (%) (*)	Hinch. (%)	% Contenido de Materia Orgánica	Suelo Tipo
52	25+500	0.20/1.50	19.1	0.00	0.0	SP
53	26+000	0.20/1.50	18.4	0.00	0.1	SP
54	26+500	0.15/1.50	15.3	0.00	0.1	SP
55	27+000	1.50	34.7	0.00	4.0	SP
56	27+500	0.50/1.50	28.7	0.00	0.5	SP
57	28+000	0.25/0.85	11.1	0.00	0.3	SP
58	28+500	0.30/1.50	23.2	0.00	0.0	SP
59	29+000	0.30/1.50	15.3	0.00	2.0	SP
60	29+500	0.45/1.15	22.1	0.00	0.8	SP-SM
61	30+000	0.60/1.30	25.9	0.00	0.2	SP
62	30+500	0.80/1.50	20.7	0.00	2.8	SM
63	31+000	0.45/0.90	21.8	0.00	0.0	SP
64	31+500	0.15/0.65	80.5	0.00	4.6	SP
65	32+000	0.50/1.50	22.5	0.04	0.7	SP
66	32+500	/0.70	24.2	0.04	4.0	SP-SM
67	33+000	0.20/0.90	17.3	0.00	0.2	SP
68	33+500	0.30/1.50	20.8	0.00	0.1	SP
69	34+000	1.50	23.1	0.04	0.2	SP
70	34+500	0.20/1.50	22.7	0.04	0.7	SP

Tabla 3.13 Resultados CBR/ Información Proporcionada por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Públicas (MOP).

### 3.4.3.4 Problemas en la subrasante.

En la etapa correspondiente al diseño se encontraron una serie de problemas en cuanto a la capacidad de soporte del suelo, entre los cuales podemos mencionar: En la subrasantedel tramo de Estación 0+000 a Estación 2+000, existen suelos finos, tal como OL, OH y ML, que en algunos casos presenta un 80 % pasante del tamiz N° 200. Entre Estaciones 3+000 y 4+500, existen materiales como SM. En el resto del proyecto, la subrasante es una arena fina, según el S.U.C.S, tipificada como SP, SM, SP-SM y SW, con nivel freático cercano a la superficie, localizado en la estación lluviosa a profundidades que oscilan entre 0.5 m y 1.0 m y durante la estación seca entre 2.0 m y 3.0 m, tal como se ha observado en los pozos de agua que los residentes del lugar han excavado con el propósito de proveerse de agua.

En estos sitios, el estudio geológico ha determinado que existe la posibilidad de que se dé el fenómeno de licuefacción, por tanto recomienda que en el estudio geotécnico se deba analizar si se producirá este fenómeno. En el sitio se ha encontrado, en las obras de paso donde se ha realizado perforación SPT, que el nivel freático es superficial a 0.60 m aproximadamente por debajo del nivel de la “cama de agua” y entre uno y dos metros a partir del nivel del brocal de perforación. En estas obras de paso, que son los sitios donde realizaron sondeos SPT, se dan las condiciones de suelo granular fino, una compacidad suelta y nivel freático superficial. Que según la sección 3.7 de la Norma Técnica de Cimentaciones, del Reglamento para la seguridad estructural de la construcciones de El Salvador, prescribe “debe considerarse que existe la posibilidad de licuefacción cuando se presenten estratos de arena fina con más del 50% de los granos con dimensiones menores o iguales a 2 mm (tamiz N° 10 U.S. Estándar) y la densidad relativa sea menor de 70% y cuando el nivel freático este próximo al estrato considerado”. En lo relativo a la condición del tamaño, se da en el sitio de estudio que a partir del pozo N° 9, el tamaño de las partículas de arena son menores a 2 mm en el 100%, pero los valores de  $N_f$  promedio a partir del nivel freático en los pasos Isla de Méndez y Corral de Mulas, son de 15 y 18 golpes, respectivamente y de 12 en el paso La Chacastera.

Al revisarse la posibilidad de licuefacción, según Seed&Idriss (1971), se ha obtenido que en el paso La Chacastera existe la posibilidad de licuefacción para sismos de magnitud 7.0 en adelante. Para el paso Isla de Méndez, podría darse dicho fenómeno si la magnitud del sismo es mayor o igual a 8.5. y para el paso Corral de Mulas, no existe la posibilidad de que la licuefacción ocurra.

A continuación se presenta la tabla 3.14 En la que se describen las condiciones existentes en los diferentes tramos.

TRAMO	TIPO DE SUELO	% CBR	TIPO DE PROBLEMA
0+000 - 4+500	OL, OH y ML/ A-4 yA-7	5.5	El suelo se encuentra compuesto 80 % pasante del tamiz N° 200.
4+500- 31+600	SP, SM / A-3 y A-2-4	10.8	Nivel Freático cercano a la superficie, en época lluviosa a profundidades que oscilan entre 0.5 m y 1.0 m y durante la estación seca entre 2.0 m y 3.0 m. En estos sitios, el estudio geológico ha determinado que existe la posibilidad de que se dé el fenómeno de licuefacción (para sismos mayores o iguales a 8.5)

Tabla 3.14 Cuadro resumen de condiciones geotécnicas existentes en la vía en los diferentes tramos/ Basado en información proporcionada por Oficina de Información y Respuesta de Ministerio de Obras Públicas (MOP).

### 3.4.3.5 Análisis de los resultados y conclusiones.

#### ▪ ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de los 31.6 Km que comprende el proyecto, está constituido básicamente por los materiales siguientes:

Predominan los suelos Arenas limosas con o sin gravas (SM), Arenas mal graduadas (SP) y (SP – SM), y Limos arenosos de no plásticos a plasticidad media (ML) y en algunos casos, limos orgánicos de compresibilidad media (OL) y orgánicos de alta compresibilidad (OH).

#### ▪ CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

(ML) Limos arenosos. Características de compactibilidad buenas a malas. Compresibilidad y expansión ligera a media., impermeable mal drenaje, mala estabilidad si no está muy compacto. Como subrasante regular a mala.

(SM) Arena limosa color café claro. El contenido de finos afecta las características de resistencia y la capacidad de drenaje, para porcentaje de finos superiores al 12%. La plasticidad de los finos es mayormente nula. Las características de drenaje son malas y

su permeabilidad se estima poco permeable. Como material de terraplén es razonablemente estable en estado compacto, como subrasante excelente a buena.

(SP) y (SP – SM) Arena Mal graduada. Con características de permeabilidad buena. Como material de terraplén es razonablemente estable en estado compacto y confinado, como subrasante es de excelente a buena.

(GM) Gravas limosas. Características de compactibilidad buenas. Compresibilidad y expansión ligera. Permeabilidad y características de drenaje semipermeable, drenaje pobre. Como material de terraplén es estable. Como subrasante excelente a buena y como base regular a mala.

(OL) y (OH) Limo orgánico de media y alta compresibilidad. Características de compactibilidad buenas a malas. Compresibilidad y expansión media a alta. Permeabilidad y características de drenaje, impermeable mal drenaje. Características como material de terraplén, mala estabilidad si no está muy compacto. Como subrasante regular a mala.

#### ▪ **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Los valores del contenido de humedad son relativamente normales, con valor medio general, 8.60%, tomando en cuenta que el muestreo se ha desarrollado durante la presente época seca. Se ha detectado, el mayor valor es de 40.34%, ubicado en Estación 2+500 Muestra 2, obtenido en una arena mal graduada, ML, Limo arenoso, y el valor más bajo, es del 0.1%, obtenido en Estación 1+500 Muestra 2, es una arena mal graduada, SP.

#### ▪ **CAPACIDAD DE SOPORTE**

Para el diseño de la estructura del pavimento, se utilizó el valor del Módulo de Resiliencia (Mr) a partir del CBR, obtenido de graficar los porcentajes equivalentes de

los diferentes valores obtenidos para cada tramo homogéneo “mayores o iguales” contra los valores de CBR de cada ensayo, para el percentil correspondiente según los ESAL par el período de diseño. El Módulo Resiliente, según la ecuación 1.5.1 de la guía AASHTO 1993, se obtiene aproximado con la expresión siguiente:

$$Mr_{(psi)} = 1500 \times CBR$$

La expresión obtenida por Heukelom y Klomp, correlaciona valores de CBR del Cuerpo de Ingenieros, usando compactación dinámica y módulo del suelo obtenido en el sitio, con un rango de 750 a 3000 veces el CBR y es considerada razonable para suelos de grano fino con un CBR de 10 ó menor, pero, para valores de CBR mayores de 10, establece una correlación con Mr siguiente:

$$Mr = 2.1439 \times CBR^{0.6592} \times 10^3 \text{ (PSI)}$$

- **RELLENOS.**

Los rellenos que se proyectaron en la etapa de diseño se realizarán mediante capas con un espesor que esté acorde con la eficiencia del equipo utilizar en las operaciones de compactación. Las capas se propone sean de 0.15 m para equipos de compactación livianos y hasta 0.20 m al utilizar equipos pesados o combinación de estos, usar preferentemente rodo liso vibratorio.

Cada capa tendría que ser compactada hasta conseguir el 95 % de la máxima densidad obtenida en el laboratorio en ensayo AASHTO T 180, a fin de obtener de este suelo su valor relativo de soporte, CBR. La verificación de la densidad de campo se hará mediante ensayo de determinación de densidades de campo de la manera y cantidad de ensayos como establece SIECA, pero no menos de un ensayo de densidad para cada capa.

El ángulo máximo a dejar, para mantenimiento y control de erosión se proyectó de 1.5 a 1, debiendo protegerse de la erosión.

La altura mínima del relleno es de 0.054 m, con una máxima que se da en Estacionamiento 1+500, alcanzando hasta 2.379 m, incluye estructura de pavimento, por tanto, se estima que la sobre carga producida por él, en el caso más desfavorable es de unos  $0.39 \text{ kg/cm}^2$  en la superficie y de  $0.191 \text{ kg/cm}^2$  a un metro de profundidad, se ha considerado no afectará aún a aquellos suelos que han sido caracterizados como cohesivos ya que estos han estado sometidos a tráfico y la parte superficial, bajo el relleno, será estabilizada mecánicamente en un espesor de 0.30 m, a lo largo de los Estacionamientos 0+000 hasta Estacionamiento 4+500, lo incrementa la seguridad de que no se den deformaciones. Ya que en ningún punto se tiene espesor de 5.00 m y el mayor espesor de terraplén es debido a una sobre elevación la cual tiene una altura de 3.5 m, se ha considerado que a juicio del ingeniero el relleno podrá realizarse en dos etapas, principalmente si y sólo si, esta sobre elevación se encuentra en las cercanías de obras de paso.

## **CAPITULO IV**

---

### ANALISIS DEL PROYECTO EN ESTUDIO

## **4.1 INTRODUCCION**

El presente capítulo hace referencia al análisis del proyecto: “Mejoramiento del Camino Rural USU27E, entre Cantón La Canoa (Et USU08S) – Corral de Mulas”, en su etapa de construcción y define las causas por las cuales relacionadas con el diseño se prolongó el tiempo de ejecución el proyecto y se aumentó el monto de construcción del mismo.

Es de mencionar que los factores que principalmente propiciaron problemas en la etapa de construcción, fueron de gestión de derecho de vía y topografía. Además de ello, se muestran todas las acciones que debieron realizarse para poder finalizar el proyecto.

Para la realización del presente capítulo, se consultó información del proyecto, la cual fue proporcionada por el Fondo de Conservación Vial y se realizaron entrevistas con los encargados de la construcción del mismo.

Y en base a ello, se realizó un análisis del impacto económico que se generó en la construcción del proyecto, debido a las discrepancias que existían entre el diseño y las condiciones existentes de la vía.

Asimismo se presentan tablas y gráficos que ilustran los aumentos y disminuciones de cada una de las partidas afectadas.

## **4.2 PROBLEMAS DETECTADOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO RELACIONADOS CON EL DISEÑO.**

### **4.2.1 Diseño geométrico.**

En la etapa correspondiente al replanteo del trazo de la vía plasmado en el diseño original, se observó que algunos tramos el eje de la vía se encontraban fuera del corredor, invadiendo significativamente las propiedades aledañas, es de mencionar que durante el diseño del proyecto el Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la

Gerencia de Derechos de Vía (GDV) concilio con los propietarios de los terrenos aledaños al corredor de la vía, un corrimiento de cercos de 2.00 metros a ambos lados.

Debido a este problema fue necesario realizar un replanteo del diseño geométrico en su conjunto y de ubicar los cercos del corredor.

Entre las estaciones 0+400 y 1+200 aproximadamente, al salirse el eje proyectado se desplazaba fuera del corredor existente afectando canal de drenaje ubicado en el margen izquierdo del camino, por lo que el diseño original no contempla solución alguna al tramo en mención.

En el tramo 1+200 y 1+400 el diseño original de la vía provoca la invasión de espejos de agua localizados en ambos laterales de ésta, por lo que fue necesario diseñar y construir enrocados para hacer factible la conformación de los terraplenes en esa zona.

Después de realizar el replanteo se determinó que el proyecto debía construirse en la medida de lo posible de acuerdo al corredor existente, situación que demandaba la modificación de las condiciones técnicas relativas a las longitudes y grados de curvaturas, así como la creación de algunas adaptaciones en las mismas, para hacer viable la construcción y tratar de apegarse en lo posible a las franjas conciliadas por parte de la GDV del MOP con los propietarios de los terrenos. Específicamente fue necesario modificar la geometría horizontal en el sector 29+660.

Por lo anterior se redujo el ancho de rodaje proyectado específicamente en el estacionamiento 30+000, por lo que se realizó un cambio en el ancho de 8.00 m a 6.00 m.

En cuanto a los niveles señalados en el diseño se encontró que estos, no correspondían a niveles geodésicos; por lo que hubo que amarrarlos a la red geodésica nacional,

determinándose un error en niveles de hasta 0.67 m, por lo que fue necesario elevar la rasante en algunos puntos para evitar daños producto de posibles inundaciones.

Se conformaron en su totalidad los accesos de propiedades que colindan con la vía, ya que en el diseño original solamente se consideraban 352 accesos y al levantar el censo de los mismos, resultó que el número de accesos era de 919.

#### **4.2.2 Diseño hidráulico.**

Posterior a la revisión del diseño, se estableció que éste era deficitario en cuanto al número y dimensión de las obras hidráulicas que el proyecto demanda para funcionar adecuadamente y asegurar su transitabilidad ante eventos meteorológicos extremos, así como el asegurar su vida útil. Esta modificación va desde la posición de las obras proyectadas, hasta cambios de tipología y dimensiones de las obras, así como la inclusión de obras transversales en sectores en donde se reportaban inundaciones, aspecto predominante en la zona de trabajo por desarrollarse en un sector extremadamente plano e influenciado por las corrientes marinas y el comportamiento de los esteros.

En tramo del 0+000 al 1+200 fue necesario la rehabilitación de canal de drenaje localizado en el lateral izquierdo de la vía, la cual evacúa el flujo proveniente de los terrenos con cultivos estacionarios.

Debido al incremento de estructuras de drenaje a construir se incrementa el número de cabezales para dichas obras, además se incrementa el volumen de excavación y relleno compactado.

Se propuso un cambio de las tuberías metálicas por tuberías de concreto reforzado, este cambio obedece además del costo, a la agresión salina que existe en la zona de trabajo; además se sustituyen los cabezales de concreto proyectados originalmente, por cabezales de mampostería de piedra.

Durante la construcción del proyecto se suscitaron dos tormentas tropicales, denominadas Agatha y Alex, las cuales permitieron evidenciar el funcionamiento de las obras hidráulicas frente a eventos meteorológicos extremos, a partir de estos fenómenos se tomaron las siguientes consideraciones:

- En la comunidad Los Calix y Las Mesas. Se incorpora la caja de mampostería de piedra y losa de concreto armado en estación 1+700, para drenar las aguas recogidas en el sector y cuneta revestida en las descargas de caja 1+700 y tubería 2+006, así como tuberías de paso en caminos internos de la comunidad Las Mesas para evacuar las aguas de las obras de paso proyectadas sobre el camino principal.
- Se elimina la caja proyectada en estación 5+180 ya que existen cañadas laterales las cuales manejan el flujo de aguas de forma paralela a la vía, porque se consideró innecesaria en la etapa de construcción.
- En estacionamiento 29+800 L.D. se proyecta cuneta de mampostería de piedra en lateral derecho de camino, para evitar inundación en punto bajo de terreno natural.
- Entre estacionamientos 13+000 a 14+300, se vio necesario construir una tubería de concreto de 42", en la estación 14+040 con el objeto de minimizar la acumulación de flujo en el extremo izquierdo de la vía. Por otra parte y con el propósito de proteger terrenos e infraestructura habitacional localizada entre las estaciones 13+100 a 13+160, se recomienda construir una cuneta de concreto hidráulico en la traza del talud ubicado en el lateral derecho.
- En las cercanías de la estación 23+000 se ve la necesidad de construcción de tuberías de alivio de concreto de 36" de diámetro, específicamente en las

estaciones 22+600 y 22+900 con el fin de minimizar la acumulación de flujo en el margen izquierdo de la vía.

- Es necesaria la construcción una canaleta en el lateral derecho de la vía a partir de la estación 30+640 hasta la estación 30+800 a fin de evitar acumulamiento de flujo en ese margen, generado por el cambio de alineamiento y problemas de derecho de vía.

#### **4.2.3 Carpeta asfáltica**

Con el fin de minimizar los costos resultantes del plan de oferta inicialmente aprobado y buscando que el proyecto sea económicamente viable, se dispuso cambiar la carpeta de pavimento asfáltico en caliente, como estaba originalmente contemplado, a un tratamiento superficial tipo doble. Cabe aclarar que no se modificó la base granular proyectada en el diseño original, por lo cual se mantuvo el espesor de 18 cm.

Posteriormente se registró un nuevo cambio de la superficie de rodadura a solicitud de la empresa constructora, en los primeros 15 kilómetros, se propuso construir dicha superficie de rodadura con mezcla asfáltica en caliente con espesor de 3 cm en vez de construirla con tratamiento doble superficial, ejecutando lo propuesto al mismo precio, es decir, la empresa se compromete en su solicitud a colocar la carpeta de mezcla asfáltica en caliente (3 cm de espesor) al mismo precio de la rodadura que estaba aprobada, argumentando la mejora del proyecto, al darle además de una mejor superficie de rodadura, una vida útil más larga a la carretera, también se aprobó que se colocara carpeta asfáltica en caliente de 3 cm de espesor en el resto del proyecto, es decir entre las estaciones 15+000 y 31+600.

#### **4.2.4 Condiciones del subsuelo.**

En el tramo comprendido entre las estaciones 0+080 a 1+100 existen materiales de muy baja calidad y baja capacidad de soporte, como parte de la verificación el constructor realizó una campaña geotécnica en el proyecto, posteriormente presentó un estudio en el cual recomienda la restitución de una capa de material. Se realizó el respectivo tramo de prueba entre las estaciones 0+260 a 0+300 LD observándose que el procedimiento establecido no es el más recomendable, ya que las fuertes precipitaciones agravan la condición del suelo generando la necesidad de incrementar el espesor de pedraplen, lo que incrementaría aún más, el valor del proyecto. Por tal motivo se decidió no ejecutar la sobre excavación y colocar el pedraplen de fundación sobre el terreno natural.

#### **4.2.5 Afectaciones de los derechos de vía.**

Dados los cambios desarrollados en la geometría de la vía y el incremento de obras no contempladas en los levantamientos topográficos desarrollados para el diseño original de la vía y considerando el compromiso de sustituir toda aquella obra existente dentro del derecho de vía que fuera afectada por la construcción de la carretera, fue necesaria la reubicación de cercos existentes, en el caso especial los Centros Escolares que están funcionando en el corredor del proyecto, se han construido tapias (cerco malla ciclón); por otra parte se realizó la construcción de letrinas aboneras en algunas propiedades que salieron afectadas con el nuevo trazo y que no estaban contemplados en el diseño original.

De igual manera, la cantidad de accesos considerados en el diseño original del proyecto, no es suficiente para cubrir la necesidad de rampas en los diferentes terrenos aledaños al proyecto.

A continuación se muestra el cuadro 4.1, en el cuál se resumen todos los problemas que se presentaron relacionados con el trazo geométrico y derecho de vía, así como las medidas tomadas para su solución.

N°	DESCRIPCION	SITUACIÓN EN TIEMPO DE EJECUCION DEL PROYECTO	ACCIONES REALIZADAS
1	Cambio de geometría y rasante, canal de drenaje en sector 0+000 a 1+400.	Derecho de vía liberado. Se comenzó sobre excavación y relleno pedraplén en 0+260 al 0+300 pero a raíz de suelo inestable fue necesario cambio de geometría y rasante afectando derecho de vía en lateral derecho, por lo cuál se realizó Reunión de campo con los afectados logrando su no objeción a la donación de la franja afectada.	Se realizaron ajustes a la geometría horizontal, por lo que se tuvo que liberar derecho de vía sobre el margen izquierdo.
2	Cambio de línea en sector 2+300 al 2+800	Fue implementado el cambio y no hubo problema con liberación del derecho de vía	Sector liberado
3	Tramo 7+260 LI-CESTA	Derecho de vía liberado	Se cambió la geometría horizontal, vertical, inclinación de taludes y cambio 2 tuberías por cajas de concreto armado. Tramo liberado y ejecutado en campo.
4	Tramo 8+240 a 8+280 L.D.	Derecho de vía liberado	Tramo fue liberado y se ejecutó en campo la ampliación de terraplén.
5	Curva 13+140 Derecha	Derecho de vía liberado	Se liberó el derecho de vía en margen derecho de camino. Para ello hubo necesidad de contar con la presencia de Fiscalía General de la República, PNC, Derechos Humanos. Se formularon nuevas alternativas la cuál genera menos afectación al terreno mencionado.
6	Tramo 13+545 al 13+570LD.	En este sector se ha negociado y se acordó la liberación parcial con propietario de terreno. El área donada no es suficiente para la proyección de camino, sin embargo se analizará la forma técnica para construir el terraplén.	Será necesario realizar algún tipo de obra para la construcción de terraplén o en su defecto inclinar la proyección de talud. Sector parcialmente Liberado
7	Curva 14+300 Izquierda	Derecho de vía liberado	El constructor como colaboración al proyecto, logró liberar los derechos de vía, tanto del lateral izquierdo como el derecho.
9	Sector 29+200 LD CESTA	Afectación a terreno sobre margen derecho de camino propiedad de CESTA, Se realizó una solución alternativa con la proyección de muro de retención para superar el impase	Propietario aprobó la proyección de muro de retención para superar problema de liberación de derecho de vía.

N°	DESCRIPCION	SITUACIÓN EN TIEMPO DE EJECUCION DEL PROYECTO	ACCIONES REALIZADAS
10	Vivienda ubicada estación 29+220 LD	Vivienda fue demolida por contratista.	Se realizaron los trabajos pertinentes para liberar el derecho de vía.
11	Tapial de bloque ubicado en estación 29+640 L.I.	Se realizó visita para verificar el límite de donación. Se generó cambio de línea para que el camino proyectado estuviera dentro del área de donación.	Problema de liberación del derecho de vía se encuentra superado.
12	Sector 30+010 L.I.	Viviendas existentes sobre cañada. Existe problema para el drenaje proyectado, ya que no se puede construir tubería pues el propietario no acepta que las aguas descarguen en cañada existente. Además ha realizado reclamo y no permite la construcción de terraplén cerca de construcciones existentes	Se ha realizado el diseño de cuneta lateral para solventar problema de inundación. Se realizaron pláticas con personas que no permitían dejar que se construyera cuneta de descarga, por lo que dichos propietarios cedieron en donar área para la construcción de dicha cuneta. Se proyectó la reducción de sección típica para poder realizar la construcción de camino frente a viviendas existentes. Derecho de vía y sector resuelto.
13	Rancho existente en estación 31+030 LD.	Derecho de vía liberado	Ya fue removida el área del rancho que surgió afectado.
14	Curva 31+560 L.	El constructor cumplió con los compromisos adquiridos con el propietario de terreno, por lo que está realizando las actividades de traslado de cercos y tala de árboles de coco en el lateral izquierdo de camino.	Sector liberado

**Tabla 4.1 Problemas relacionados con el derecho de vía y trazo geométrico del proyecto/Elaborada en base a Información proporcionada por Unidad Ejecutora FOVIAL.**

#### **4.2.6 Sección típica del proyecto.**

Se modificó la sección típica del proyecto con el objeto de asegurar la durabilidad del hombro proyectado, ya que en la sección típica de diseño debía construirse con material de banco. Con la nueva sección el mismo será construido con base granular triturada en un espesor de 18 cm, sin embargo el constructor sometió a cobro únicamente 9 cm en la partida de base granular y los otros 9 cm restantes como terraplenado de la vía.

A continuación se presenta tabla 4.2, en la cuál se resumen los problemas más incidentes en cuanto al aumento de los costos de construcción en el proyecto.

RUBROS QUE SUFIERON MODIFICACIONES	ETAPAS	
	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
Colocación de tuberías de acero	<p>A lo largo del proyecto se propone la colocación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 242 ml de tuberías de acero de 30"</li> <li>- 81.01 ml de tuberías de acero de 36"</li> <li>- 130.06 ml de tuberías de acero de 42"</li> <li>- 21.94 ml de tuberías de acero de 48"</li> <li>- 11.24 ml de tuberías de acero de 60"</li> </ul>	<p>Se proponen cambios en el material y longitud de tuberías, de acuerdo a lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 185.80 ml de tuberías de concreto reforzado, clase II(<math>\phi=30''</math>)</li> <li>- 248.50 ml de tuberías de concreto reforzado, clase II(<math>\phi=36''</math>)</li> <li>- 220.75 ml de tuberías de concreto reforzado, clase II(<math>\phi=42''</math>)</li> <li>- 114.50 ml de tuberías de concreto reforzado, clase II(<math>\phi=48''</math>)</li> <li>- 51.50 ml de tuberías de concreto reforzado, clase II(<math>\phi=60''</math>)</li> </ul> <p>Debido al comportamiento que presentan las tuberías de acero en un ambiente expuesto a la agresión salina como el que existe en la zona del proyecto, además de la insuficiencia de capacidad hidráulica de algunas tuberías</p>
Terraplenado de la vía		<p>En los siguientes estacionamientos fue necesario modificar la rasante debido a que se presentan problemas de drenaje pluvial y la poca elevación con que cuentan los mismos:</p> <p>24+640-29+940, se eleva la rasante 40 cm más.  2+165.203 se elevó la rasante 30 cm más.  2+666.99 se elevó la rasante 30 cm más  5+151.154 cm, se elevó la rasante 30 cm más  6+161.833 se elevó la rasante 75 cm más  7+351.555 se elevó la rasante 30 cm más  8+271.299 se elevó la rasante 60 cm más  8+445.652 se elevó la rasante 30 cm más  8+863.946 se elevó la rasante 40 cm más  9+246.634 se elevó la rasante 35 cm más  9+961.007 se elevó la rasante 40 cm más  10+710.036 se elevó la rasante 47 cm más  13+280.514 se elevó la rasante 30 cm más  14+080.514 se elevó la rasante 30 cm más  15+515.289 se elevó la rasante 30 cm más  16+646.667 se elevó la rasante 60 cm más  16+827.391 se elevó la rasante 30 cm más  17+544.659 se elevó la rasante 50 cm más  18+010.017 se elevó la rasante 50 cm más  19+617.391 se elevó la rasante 30 cm más  23+690.036 se elevó la rasante 30 cm más  24+680.036 se elevó la rasante 60 cm más  25+425.036 se elevó la rasante 30 cm más  25+942.664 se elevó la rasante 30 cm más  26+340.036 se elevó la rasante 30 cm más  28+145.036 se elevó la rasante 50 cm más</p>

RUBROS QUE SUFIERON MODIFICACIONES	ETAPAS	
	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
		28+951.111 se elevó la rasante 45 cm más 29+563.006 se elevó la rasante 30 cm más 29+838.261 se elevó la rasante 82 cm más Incrementándose esta partida un volumen de 80, 445.55 m <sup>3</sup> .
Mezcla de concreto asfáltico procesada en planta central	En la etapa de diseño se propuso un espesor de carpeta de concreto asfáltico de 6.35 cm, entre estacionamientos 0+000-4+500. En tramo 2, comprendido entre 4+500- 31+670 se propuso un espesor de de 5.08 cm.	Se construyó una carpeta asfáltica de 3 cm, en 31.67 Km, que comprende el proyecto.
Base granular	El diseño contemplaba un espesor de 22.86 cm en los 31+670 que comprenden la longitud total del proyecto.	A lo largo del proyecto, se construyó una base granular de 18.00 cm.
Terraplenado de la vía	En el diseño se identifican 5 sectores inundables los cuales enlistan a continuación: 1-0+390 a 0+850 L=460 ml 2-1+010a1+560L=550ml 3-2+650a2+960L=310ml 4-3+100a3+910L=810ml 5-11+880 a 12+320 L=440 ml En el cual se propone realizar un terraplenado, con una mezcla de 3:1 con material de banco y arena del lugar	Sin embargo en dichos sectores inundables se realizó un terraplén con enrocado, para aliviar las presiones y permitir el flujo de agua. Considerando un espesor de 40 cm.
Pedraplenado	En diseño se propone cajas de concreto en estacionamientos 1+442.48 y 12+408.28, en las cuales se destinaba 421.04 m <sup>3</sup> para construirse fundaciones.	En estacionamientos se ha considerado la construcción de emplantillados y aletones, tanto de entrada como de salida. Lo que modifico el volumen de este rubro en 9346.56 m <sup>3</sup> .
Topografía	En la etapa de diseño, surgieron errores en levantamiento topográfico, que no fueron detectados oportunamente.	En la etapa de construcción al realizar el replanteo de la vía, se encontraron deficiencias en el levantamiento topográfico del diseño, encontrando diferencias en niveles de hasta 0.66 m, en la alineación vertical. En cuanto al cierre horizontal de la poligonal se encontraron errores de 15 a 20 cm.  Esta partida no sufrió, ningún incremento en cuanto a su costo directo, sin embargo si retraso los procesos constructivos, ya que tuvo que realizarse un nuevo levantamiento y rediseño geométrico de la vía.
Concreto estructural (F'c =280 Kg/cm <sup>2</sup> )	Est. 1+460.57, no se proyectó ninguna obra	En este estacionamiento se colocó una caja prefabricada doble de concreto reforzada. Lo que conllevó al aumento de la partida en 73.9 m <sup>3</sup> mencionando esta como la más afectada y el aumento de otras relacionadas con la construcción de esta actividad.

RUBROS QUE SUFIERON MODIFICACIONES	ETAPAS	
	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
Remoción y colocación de cercos	En la etapa de Diseño, se tuvieron graves fallas en cuanto a la gestión de derecho de vía	Lo anterior generó, graves retrasos en la ejecución del proyecto, debido este problema se obligó a rediseñar el trazo de la vía, retrasando los procesos de la construcción de la misma e incrementando el monto del contrato significativamente. El aumento en esta partida fue de \$137,247.69.

**Tabla 4.2 Cuadro comparativo de discrepancias entre diseño y construcción/Elaborada en base a Información proporcionada por Unidad Ejecutora FOVIAL.**

### **4.3ANÁLISIS DE IMPACTO ECONÓMICO.**

#### **4.3.1 Montos y plazos del proyecto en sus diferentes etapas.**

- Etapa de diseño

Monto: \$208,375.18

Plazo de ejecución: 5 meses.

- Etapa de construcción

Monto original del contrato: \$16,374,906.76

Monto final del contrato: \$18,026,467.27

Plazo de ejecución original: 18 meses

Plazo de ejecución final: 26.97 meses

- Supervisión:

Monto original: \$430,851.53

Monto final: \$517,021.84

Plazo de ejecución final: 28.47 meses

#### **4.3.2 Análisis de partidas que componen la ejecución del proyecto**

Debido a las discrepancias entre el diseño original y las condiciones del lugar, a lo largo del tiempo de ejecución del proyecto se incrementaron algunas de las partidas y además fue necesaria la inclusión de nuevas, para poder llevar a cabo el proyecto tal y como se

definió en los alcances en base a los cuáles se realizó el diseño de mejoramiento de caminos rural del presente estudio.

A continuación se muestra la tabla 4.3, en la cuál se detallan las partidas que experimentaron aumento durante la ejecución del proyecto. Las cuáles se encuentran ordenadas de manera decreciente respecto al porcentaje de incremento que experimentaron.

Partida	Monto Inicial	Monto Final	Diferencia Monto	*Porcentaje de Incremento
Terraplenado de la vía	\$4854,256.10	\$ 6542,003.74	\$1687,747.64	10.31%
Mezcla asfáltica y riego de liga	\$0.00	\$ 604,831.63	\$604,831.63	3.69%
Pedraplenado	\$13,894.32	\$ 322,330.80	\$308,436.48	1.88%
Mampostería de piedra ligada con mortero	\$0.00	\$ 251,656.97	\$251,656.97	1.54%
Base Granular	\$1434,883.45	\$ 1635,744.93	\$200,861.48	1.23%
Remoción y colocación de cercos	\$0.00	\$ 137,247.69	\$137,247.69	0.84%
Excavación para otras estructuras	\$11,687.09	\$ 143,154.00	\$131,466.90	0.80%
Corte y remoción de arboles	\$46,302.35	\$ 128,288.65	\$81,986.30	0.50%
Guarda caminos (Flex beam)	\$196,759.01	\$ 249,604.53	\$52,845.52	0.32%
Relleno para otras estructuras	\$48,504.95	\$ 99,420.51	\$50,915.56	0.31%
Tubería de concreto reforzado, clase II (diam. 42")	\$0.00	\$ 46,662.14	\$46,662.14	0.28%
Tubería de concreto reforzado, clase II (diam. 36")	\$4,136.67	\$ 42,209.36	\$38,072.69	0.23%
Acero de refuerzo (grado 60)	\$36,270.98	\$ 72,057.25	\$35,786.28	0.22%
Cerco con poste de concreto y malla ciclón	\$0.00	\$ 34,980.92	\$34,980.92	0.21%
Tubería de concreto reforzado, clase II (diam. 48")	\$0.00	\$ 32,500.83	\$32,500.83	0.20%
Concreto estructural (f'c 280 Kg/cm <sup>2</sup> )	\$68,096.93	\$ 89,079.75	\$20,982.81	0.13%
Tubería de concreto reforzado, clase II (diam. 30")	\$0.00	\$ 20,792.88	\$20,792.88	0.13%

Partida	Monto Inicial	Monto Final	Diferencia Monto	*Porcentaje de Incremento
Tubería de concreto reforzado, clase II (diam. 60")	\$13,143.96	\$ 31,947.13	\$18,803.17	0.11%
Señal vertical de prevención	\$7,263.36	\$ 14,930.24	\$7,666.88	0.05%
Tubería plástica ADS diámetro 30"	\$0.00	\$ 7,600.12	\$7,600.12	0.05%
Pintura termoplástica sobre pavimento	\$1,935.36	\$ 9,117.92	\$7,182.56	0.04%
Concreto hidráulico (f'c=180 kg/cm <sup>2</sup> )	\$0.00	\$ 7,105.80	\$7,105.80	0.04%
Letrina abonera	\$0.00	\$ 6,915.12	\$6,915.12	0.04%
Tubería plástica ADS diámetro 48"	\$0.00	\$ 4,845.40	\$4,845.40	0.03%
Siembra de árboles de mangles	\$0.00	\$ 4,669.00	\$4,669.00	0.03%
Construcción de muro con ladrillo bloque de concreto saltex	\$0.00	\$ 3,672.69	\$3,672.69	0.02%
Gaviones	\$36,522.37	\$ 39,670.85	\$3,148.48	0.02%
Relleno para estructuras mayores	\$31,473.15	\$ 32,263.31	\$790.15	0.005%
Remoción de tubería existente	\$507.22	\$ 1,171.31	\$664.09	0.004%
Señal vertical tipo delineador (0.30x0.90 m)	\$670.00	\$ 1,072.00	\$402.00	0.002%
Vialetareflectiva una cara	\$6,680.00	\$ 6,725.00	\$45.00	0.0003%
Vialetareflectiva dos caras	\$8,413.65	\$ 8,429.40	\$15.75	0.0001%

\*Porcentaje de Incremento, hace referencia al monto original del contrato, cuyo valor es \$16,374,906.76

**Tabla 4.3 Partidas que se incrementaron durante la ejecución del proyecto/ Elaborada en base a Información proporcionada por Unidad Ejecutora FOVIAL.**

Para poder tener una mejor apreciación de la variación de montos de cada una de las partidas, se presentan a continuación una serie de gráficos, los cuales se encuentran separados de acuerdo a rangos de porcentaje en aumento experimentado.

En grafico 4.1, se muestra la comparación entre monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron un aumento mayor al uno por ciento, con respecto al monto original del contrato.

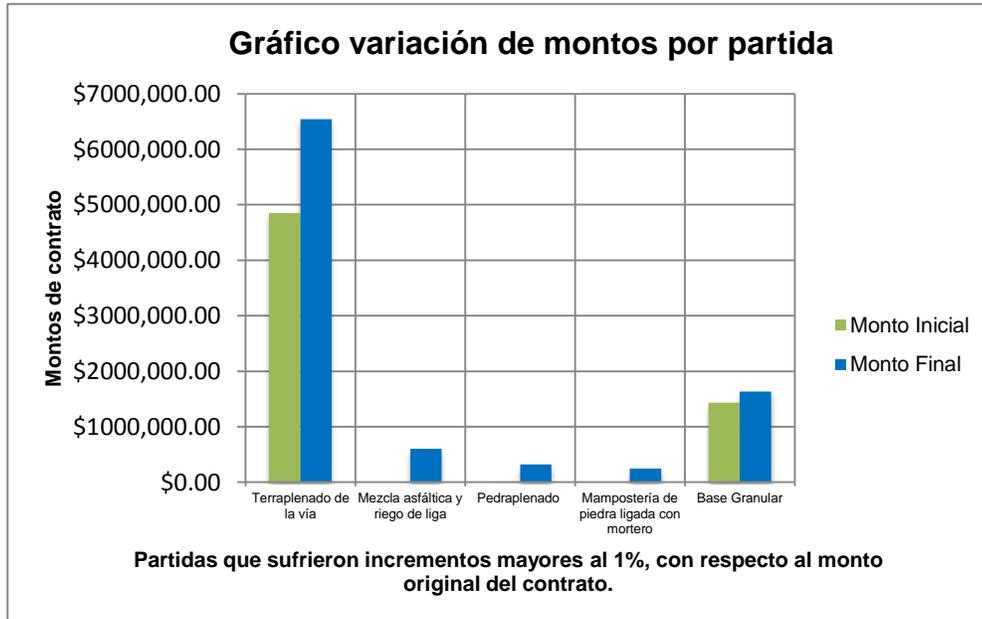


Grafico 4.1 Variación de montos por partida, que experimentaron incrementos mayores al 1% con respecto al monto original del contrato

En grafico 4.2, se presenta una comparación entre monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron un aumento en un rango del 0.25-1%, con respecto al monto original del contrato.

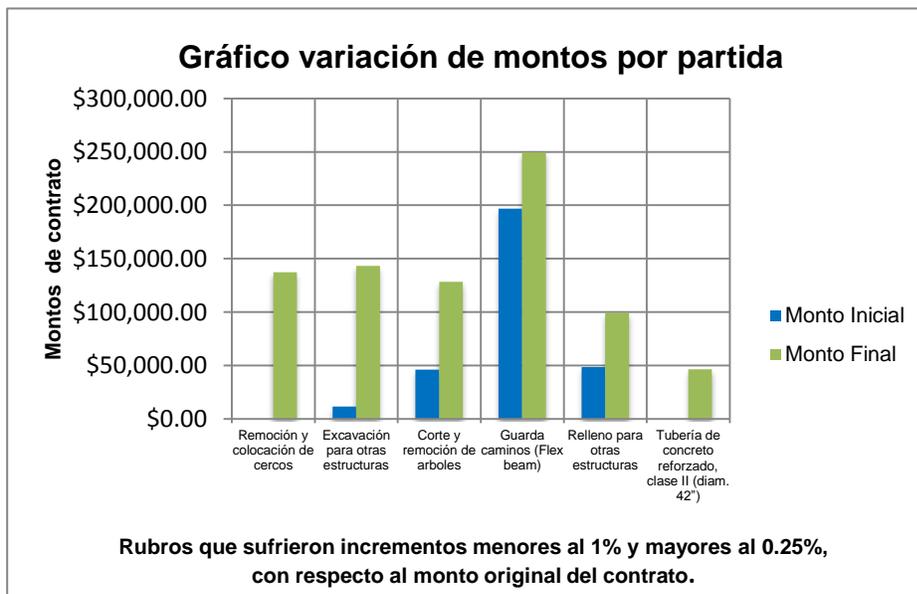


Grafico 4.2 Variación de montos por partida, que experimentaron incrementos entre el 0.25-1% con respecto al monto original del contrato

En grafico 4.3, se presenta un contraste entre monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron un aumento menor al 0.25% y mayor al 0.10%, con respecto al monto original del contrato.

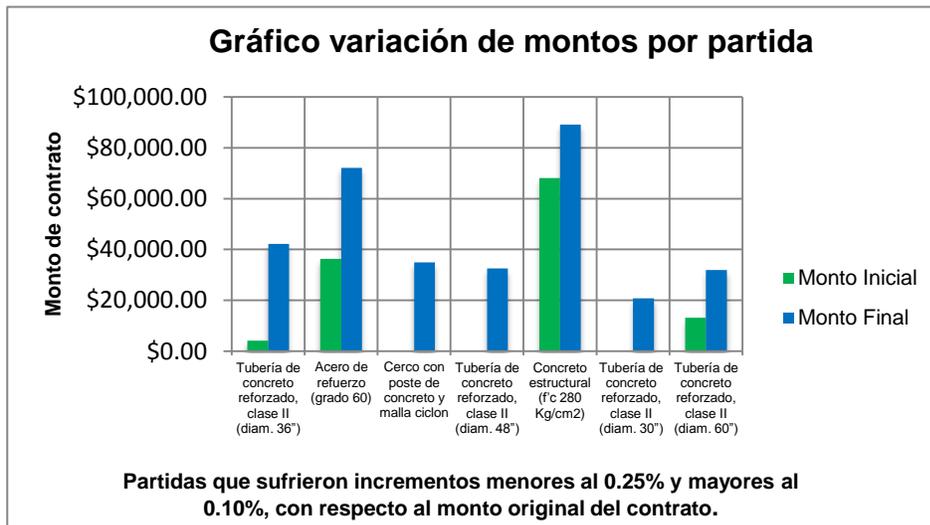


Grafico 4.3 Variación de montos por partida, que experimentaron incrementos entre el 0.10-0.25% con respecto al monto original del contrato

En grafico 4.4, se presenta un contraste entre monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron un aumento menor al 0.10%, con respecto al monto original del contrato.

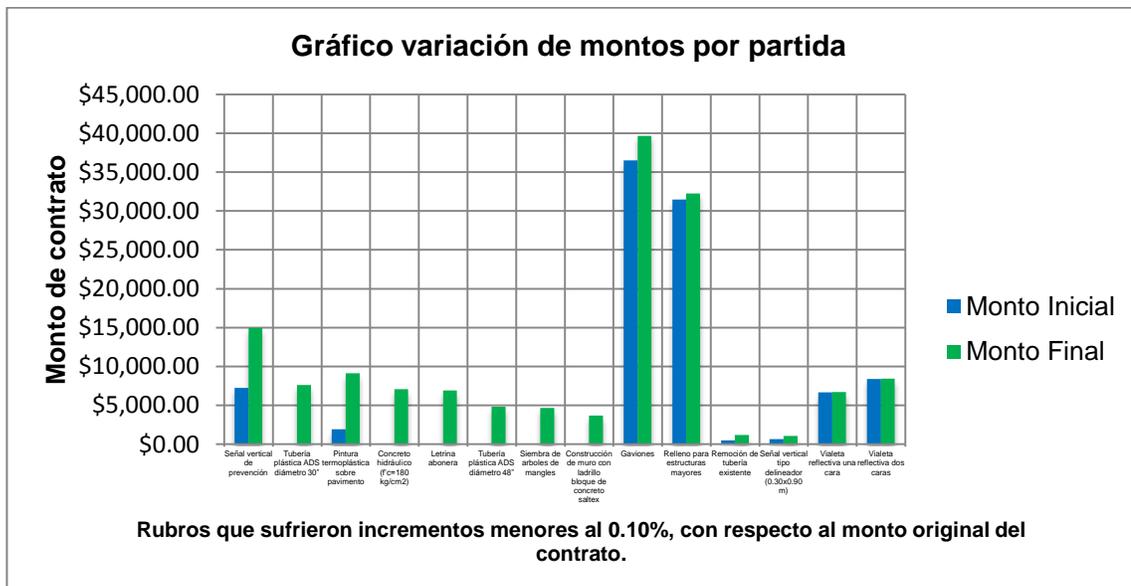


Grafico 4.4 Variación de montos por partida, que experimentaron incrementos menores al 0.10% con respecto al monto original del contrato

Así mismo, durante el periodo de desarrollo del proyecto, se presentaron reducciones en algunas partidas, por diferentes circunstancias, en algunos casos se determinó que estas no eran necesarias, en otros casos fueron sacrificadas para dar prioridad a aquellas que fueron consideradas como medulares.

A continuación se presenta la tabla 4.4, donde se detallan aquellas partidas que sufrieron una reducción en su monto durante la ejecución del proyecto, las cuales están ordenadas con respecto al porcentaje de decremento a la que fueron sometidas.

<b>Partida</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Monto Final</b>	<b>Diferencia Monto</b>	<b>*Porcentaje de decremento</b>
Mezcla de concreto asfáltico procesada en planta central	\$1961,950.95	\$776,822.95	-\$1185,128.00	7.24%
Estructuras menores de concreto	\$306,952.21	\$0.00	-\$306,952.21	1.87%
Riego de imprimación	\$564,803.45	\$313,634.75	-\$251,168.70	1.53%
Conformación de la subrasante	\$248,015.69	\$27,670.01	-\$220,345.68	1.35%
Reubicación de cercos	\$162,228.23	\$0.00	-\$162,228.23	0.99%
Tubería de acero corrugado, (diam. 30")	\$96,482.98	\$0.00	-\$96,482.98	0.59%
Riego de liga	\$103,219.17	\$27,008.75	-\$76,210.42	0.47%
Tubería de acero corrugado, (diam. 42")	\$73,684.19	\$0.00	-\$73,684.19	0.45%
Tubería de concreto, (diam. 24")	\$65,297.59	\$0.00	-\$65,297.59	0.40%
Tubería de acero corrugado, (diam. 36")	\$39,122.16	\$0.00	-\$39,122.16	0.24%
Excavación en la vía	\$43,932.27	\$12,709.62	-\$31,222.65	0.19%
Excavación para estructuras mayores	\$50,379.06	\$20,087.64	-\$30,291.42	0.18%
Tubería de concreto, (diam. 18")	\$21,856.03	\$1,911.02	-\$19,945.01	0.12%
Tubería de acero corrugado, (diam. 48")	\$14,573.43	\$0.00	-\$14,573.43	0.09%
Material de secado	\$43,344.27	\$29,126.14	-\$14,218.13	0.09%
Siembra de cobertura vegetal	\$154,001.96	\$142,020.64	-\$11,981.32	0.07%

Partida	Monto Inicial	Monto Final	Diferencia Monto	*Porcentaje de decremento
Tubería de acero corrugado, (diam. 60")	\$9,968.19	\$0.00	-\$9,968.19	0.061%
Pintura termoplástica para líneas continuas y discontinuas	\$142,905.00	\$135,088.40	-\$7,816.61	0.048%
Demolición y remoción de estructuras afectadas por derecho de vía	\$13,899.09	\$6,855.28	-\$7,043.81	0.043%
Barandal para puente	\$8,604.73	\$4,002.20	-\$4,602.53	0.028%
Pintura termoplástica para flechas dobles sobre pavimento	\$3,360.00	\$180.00	-\$3,180.00	0.019%
Sección terminal de vigas guarda caminos(Flex beam)	\$9,900.00	\$7,260.00	-\$2,640.00	0.016%
Aplicación de agua para el control de polvo	\$217,382.40	\$215,440.68	-\$1,941.72	0.012%
Compuerta de estructura de empotramiento de lámina de hierro	\$1,922.84	\$0.00	-\$1,922.84	0.012%
Señal vertical de restricción	\$12,004.72	\$10,088.00	-\$1,916.72	0.012%
Pintura termoplástica para flechas sencillas sobre el pavimento	\$1,935.00	\$270.00	-\$1,665.00	0.010%
Túmulos	\$9,587.16	\$9,271.95	-\$315.21	0.002%
Señal vertical de información (1.00x0.30 m)	\$1,167.60	\$1,000.80	-\$166.80	0.001%

\*Porcentaje de Incremento, hace referencia al monto original del contrato, cuyo valor es \$16,374,906.76

Tabla 4.4 Partidas que experimentaron reducción en su monto durante la ejecución del proyecto/ Elaborada en base a Información proporcionada por Unidad Ejecutora FOVIAL.

En grafico 4.5, se muestra una comparación entre el valor inicial y final del monto de la partida Mezcla de concreto asfaltico procesada en planta, es de mencionar que es el ítem que sufrió un mayor decremento en su monto, reflejando una disminución equivalente al 7.24% con respecto al monto original del contrato.

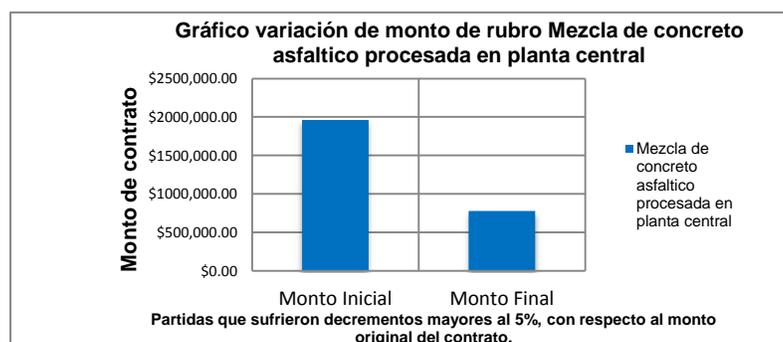


Gráfico 4.5 Variación de montos en partida de concreto asfaltico procesado en planta

En grafico 4.6, se muestra la comparación entre monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron una disminución entre 5.00-1.00%, con respecto al monto original del contrato.

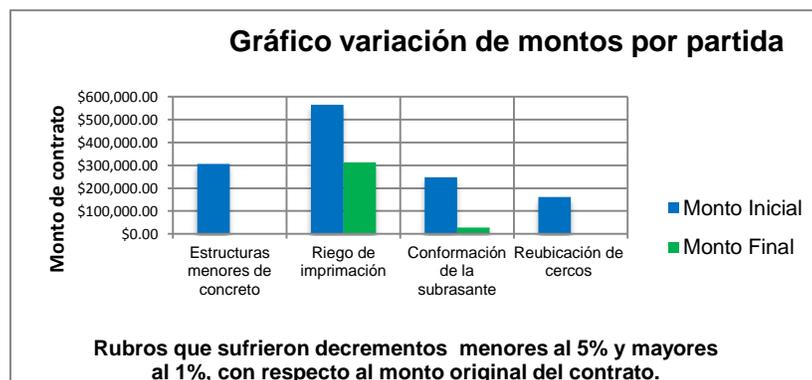


Grafico 4.6 Variación de montos por partida, que experimentaron decrementos entre 1.00-5.00% con respecto al monto original del contrato

En grafico 4.7, se presenta un contraste del monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron una disminución entre 0.25-1.00%, con respecto al monto original del contrato.

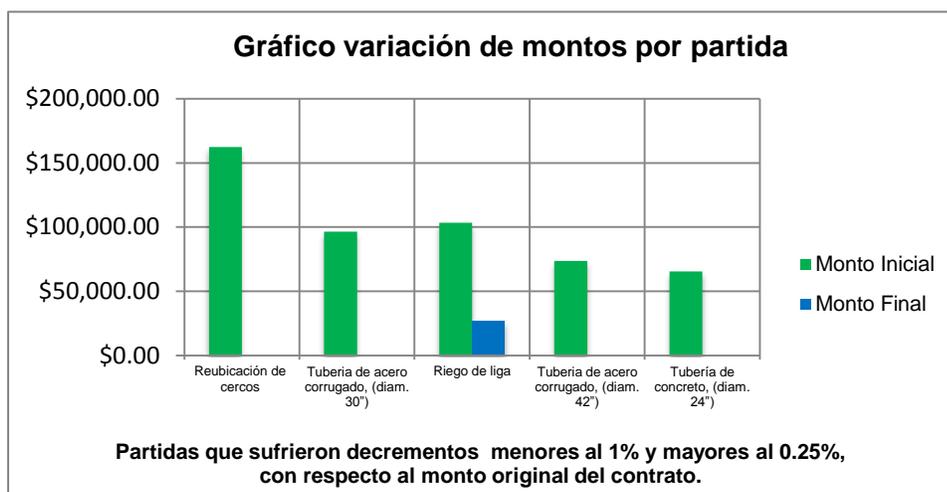


Grafico 4.7 Variación de montos por partida, que experimentaron decrementos entre 0.25- 1.00% con respecto al monto original del contrato

En grafico 4.8, se compara el monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron una disminución entre 0.10-0.25%, con respecto al monto original del contrato.

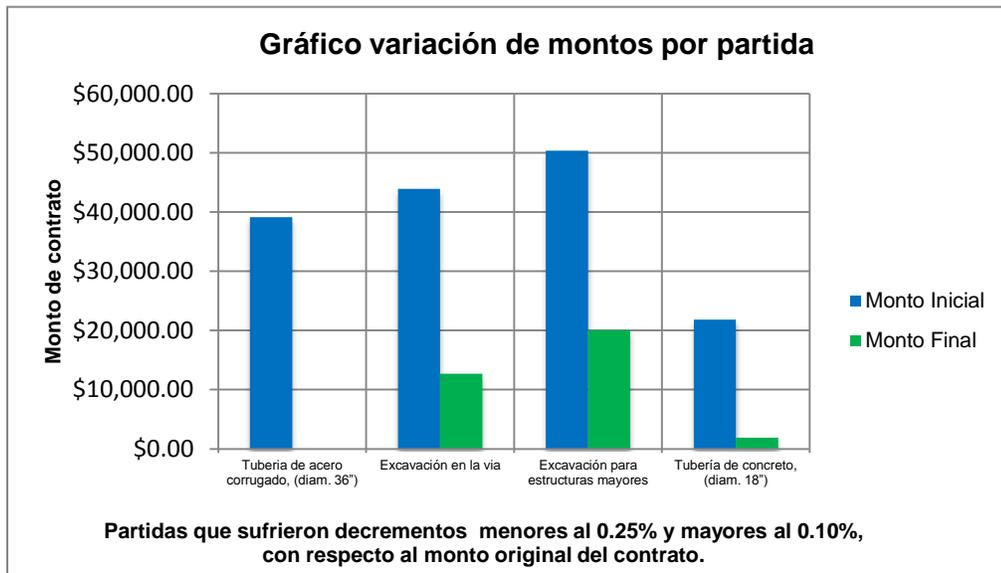


Grafico 4.8 Variación de montos por partida, que experimentaron decrementos entre 0.25- 1.00% con respecto al monto original del contrato

En grafico 4.9, se muestra la comparación entre monto inicial y final de aquellas partidas que sufrieron una disminución entre 0.05-0.10%, con respecto al monto original del contrato.

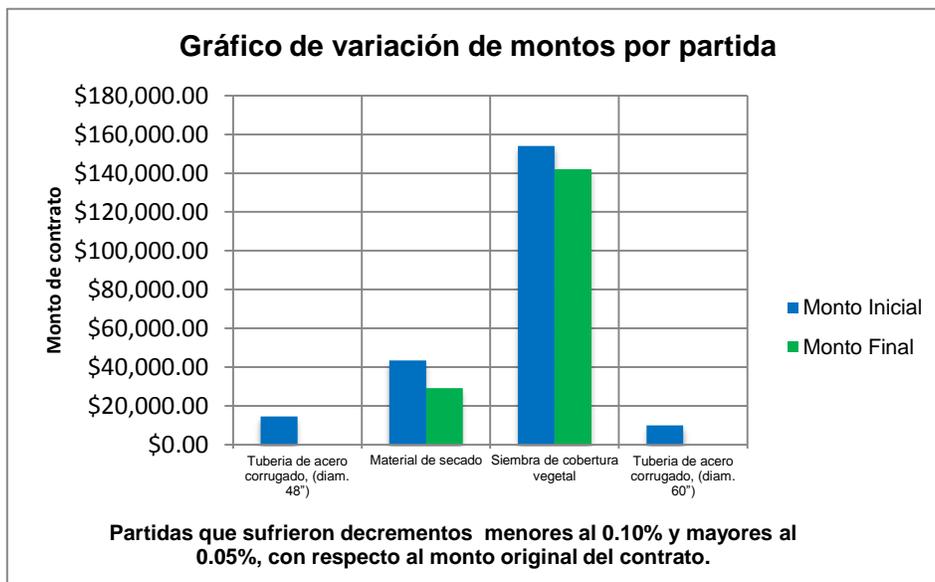


Grafico 4.9 Variación de montos por partida, que experimentaron decrementos entre 0.05-0.10% con respecto al monto original del contrato.

En la tabla 4.5 se detallan las partidas que no sufrieron ningún cambio, durante la ejecución del proyecto.

<b>Partida</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Monto Final</b>
Tratamiento Superficial Asfáltico doble	\$0.00	\$0.00
Señal vertical de información (1.00x0.60 m)	\$138.30	\$138.30
Señal vertical de información (hito kilométrico)	\$3,080.96	\$3,080.96
Señal vertical de información (1.00x0.90 m)	\$636.60	\$636.60
Remoción de puentes	\$6,555.45	\$6,555.45
Remoción de obras de paso	\$7,408.63	\$7,408.63
Movilización de maquinaria	\$33,500.00	\$33,500.00
Topografía para la construcción	\$164,275.20	\$164,275.20
Señalización y seguridad temporal durante la construcción	\$32,000.00	\$32,000.00
Servicios e instalaciones provisionales de obras	\$50,000.00	\$50,000.00
Siembra de arboles	\$43,914.70	\$43,914.70

**Tabla 4.5 Partidas que no experimentaron cambios durante la ejecución del proyecto/ Elaborada en base a Información proporcionada por Unidad Ejecutora FOVIAL.**

#### **4.2.3 Otros Incrementos.**

Con respecto a la supervisión, debido al incremento del plazo de ejecución del proyecto, el propietario concedió a través de orden de cambio uno, un aumento del veinte por ciento en el monto de su contrato (incremento máximo permitido por LACAP). Sin embargo este incremento no fue suficiente para poder completar las actividades necesarias para la finalización del contrato, por ello el constructor se vio en la obligación de pagar a la supervisión 5 meses aproximadamente. En tabla 4.6 se presenta un detalle de los pagos realizados a la supervisión.

Tanto la supervisión como el contratista, incurrieron en costos adicionales, para el rediseño de obras que no fueron contempladas en el diseño original, añadiendo especialistas en las siguientes especialidades de la ingeniería como son la hidrología, geotecnia y diseñador geométrico, para adecuar el diseño a las condiciones reales del sitio.

	Montos	Porcentaje de incremento	Tiempo de cobertura	Pagador
Monto original del contrato	\$430,851.53	----	19.5 meses	Propietario
Incremento otorgado en orden de cambio 1	\$86,170.31	20.00%	3.9 meses	Propietario
Pago de ampliación de tiempo.	\$103,846.50	24.10%	5.07	Constructor
TOTAL	\$ 620,868.34	44.10%	28.47	

**Tabla 4.6 Pagos realizados al Supervisor durante la ejecución del proyecto/ Elaborada en base a Información proporcionada por Unidad Ejecutora FOVIAL.**

## **CAPITULO V**

---

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES

- A través de la investigación, se detectaron deficiencias en los estudios para la realización del diseño del proyecto “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS”, principalmente en las áreas: topografía, hidráulica, geotecnia. Y además en la gestión de derecho de vía.
- En el proyecto “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS”, en el cuál se basa la presente tesis de grado, se detectaron serias deficiencias en el diseño original, lo cuál generó un aumento considerable en el contrato de ejecución y supervisión, así como una ampliación en el plazo de ejecución, tal y como se detallan a continuación:

### MONTO.

#### Ejecución:

Monto de ejecución	\$16,374,906.76
Monto de incremento de ejecución	\$1,651,560.54

Este incremento representa el 10.09% del contrato original.

#### Supervisión:

Monto de supervisión	\$430,851.53
Monto de incremento de supervisión (Propietario)	\$86,170.31
Monto de incremento de supervisión (Contratista)	\$103,846.50

El porcentaje que se pagó adicionalmente a la supervisión por parte del propietario fue de 20%. El incremento pagado por el contratista asciende a 24.10%, lo que finalmente totaliza un 44.10% de aumento.

## TIEMPO

Fecha de inicio	6 de enero 2009
Fecha de finalización (Original)	5 de julio 2010
Primera prórroga	5 de noviembre 2010 (4 meses)
Segunda prórroga	20 de diciembre 2010 (45 días)
Tercera prórroga	4 de febrero de 2011 (46 días)
Cuarta prórroga	26 de marzo de 2011 (50 días)

Inicialmente se otorgaron 18 meses al contratista para la realización del proyecto, sin embargo la obra se extendió 269 días calendario, aproximadamente 9 meses del tiempo que había sido contemplado para su ejecución (es decir se incrementó alrededor del 50% del tiempo en que se proyectó la realización de la obra).

- Los incrementos de mayor impacto, se generaron en las siguientes partidas, presentadas en tabla 5.1:

Partida	Monto inicial	Monto final	*Porcentaje de incremento
Terraplenado de la vía	\$4854,256.10	\$ 6542,003.74	10.31%
Mezcla asfáltica y riego de liga	\$ 604,831.63	\$604,831.63	3.69%
Pedraplenado	\$13,894.32	\$322,330.80	1.88%

\*Porcentaje de Incremento, hace referencia al monto original del contrato, cuyo valor es \$16,374,906.76  
 Tabla 5.1 Partidas que sufrieron mayores incrementos a lo largo del contrato.

- Los decrementos más significativos, se generaron en las partidas, mostradas en la tabla 5.2:

Partida	Monto inicial	Monto final	*Porcentaje de decremento
Mezcla de concreto asfáltico procesada en planta central	\$1961,950.95	\$776,822.95	7.24%
Estructuras menores de concreto	\$306,952.21	\$0.00	1.87%
Riego de imprimación	\$564,803.45	\$313,634.75	1.53%

\*Porcentaje de decremento, hace referencia al monto original del contrato, cuyo valor es \$16,374,906.76  
 Tabla 5.2 Partidas que experimentaron decrementos significativos a lo largo del contrato.

- A través de la investigación se ha determinado, que las partidas que sufren mayores disminuciones en cantidad de obra, son aquellas que corresponden a la señalización y seguridad vial; cuando se toma este tipo de decisiones se menoscaba el concepto de carreteras seguras. En el proyecto en estudio, hubo una reducción en la señalización, según se detalla en tabla 5.3:

Señalización	U	Cantidad original	Cantidad Final	Disminución
Pintura termoplástica para líneas continuas y discontinuas	ML	95270.00	90058.93	-5211.07
Pintura termoplástica para flechas sencillas sobre el pavimento	U	43.00	6.00	-37.00
Pintura termoplástica para flechas dobles sobre pavimento	U	56.00	3.00	-53.00
Señal vertical de restricción	U	119.00	100.00	-19.00
Señal vertical de información (1.00x0.30 m)	U	14.00	12.00	-2.00
Túmulos	ML	132.00	127.66	-4.34

Tabla 5.3 Reducciones de cantidad de obra en rubro de Señalización

El monto de disminución en esta partida es de \$7,877.78

- En cuanto al diseño hidráulico del proyecto “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS”, este fue cambiado en su totalidad desde los materiales, número y longitud; pues se cambió de tuberías de acero a concreto y de polietileno de alta resistencia. Los cambios en cantidades y precios, tal y como se muestra en tabla 5.4:

Drenaje	U	Cantidad inicial	Cantidad final
Tubería de concreto reforzado, clase II (Ø30")	ML	0.00	185.80

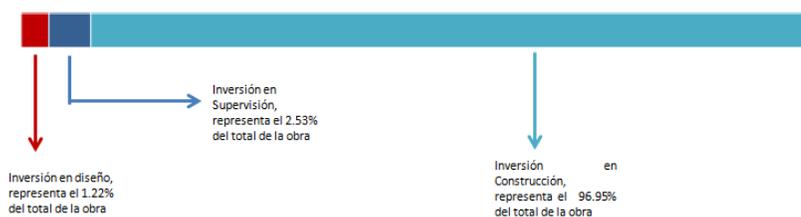
Drenaje	U	Cantidad inicial	Cantidad final
Tubería de concreto reforzado, clase II ( Ø . 36”)	ML	27.00	275.50
Tubería de concreto reforzado, clase II ( Ø . 42”)	ML	0.00	220.75
Tubería de concreto reforzado, clase II ( Ø . 48”)	ML	0.00	114.50
Tubería de concreto reforzado, clase II ( Ø . 60”)	ML	36.00	87.50
Tubería de concreto, ( Ø 18”)	ML	434.60	38.00
Tubería de concreto, ( Ø . 24”)	ML	974.30	0.00
Tubería de acero corrugado, ( Ø . 30”)	ML	242.00	0.00
Tubería de acero corrugado, ( Ø 36”)	ML	81.01	0.00
Tubería de acero corrugado, ( Ø . 42”)	ML	130.06	0.00
Tubería de acero corrugado, ( Ø . 48”)	ML	21.94	0.00
Tubería de acero corrugado, ( Ø 60”)	ML	11.24	0.00
Tubería plástica ADS diámetro 30”	ML	0.00	47.40
Tubería plástica ADS diámetro 48”	ML	0.00	14.00
Remoción de tubería existente	ML	23.15	53.46

**Tabla 5.4 Cambios en cantidad de obra en rubro Drenaje**

- Las deficiencias que reflejan los diseños repercuten directamente en las empresas contratistas y supervisoras en la etapa ejecución, ya que ellos absorben los gastos de la readecuación de los diseños; es de mencionar que esa actividad no está definida en su contrato, ya que para poder continuar con el avance de la obra es necesario incorporar especialistas en los diferentes áreas de ingeniería para adecuar los proyectos.
- En la etapa de diseño, en los casos que el consultor identifique condiciones no previstas en el sitio del proyecto y que requieran un tiempo adicional en los trabajos de consultoría, no se concede incremento en el contrato. Al requerir

mayor tiempo para la realización de diseños de proyectos viales, las empresas consultoras, adquieren un aumento en sus costos, los cuales no son reconocidos.

- La ampliación del plazo de ejecución de los proyectos, genera además otro tipo de costos a los habitantes de la zona y a los usuarios de la vía, los cuales no se encuentran contemplados en los alcances de este estudio, sin embargo podemos mencionar, los siguientes: contaminación acústica, problemas de salud, dificultad en la movilización diaria a lugares de trabajo, entre otros.
- La contratación de servicios de consultoría de ingeniería tiene el mayor impacto en el costo de ciclo de vida del proyecto, sin embargo es el componente menos costoso, en el proyecto en estudio “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS” el costo del diseño representa el 1.1% del valor total de la obra, considerando como valor total los costos de ejecución, supervisión y diseño.
- Al realizar una comparación entre las inversiones económicas que se realizaron en las diferentes etapas del proyecto, basado en el monto obtenido de sumar los costos del diseño, supervisión y construcción originales o iniciales del proyecto en estudio, la cuál puede apreciarse en la gráfica 6.1, en la cuál se evidencia que el dinero destinado a la etapa de diseño es apenas del 1.22%, lo que nos permite tener una idea clara de la poca importancia que se otorga a los servicios de consultoría. A la supervisión le corresponde un 2.53%, mientras que la etapa de construcción posee el 96.95% del total invertido en el proyecto.



**Gráfico 6.1** Porcentaje de inversión en Proyecto en los diferentes rubros; diseño, construcción y supervisión

## 5.2 RECOMENDACIONES

- **Realizar una campaña geotécnica en dos fases.**

El suelo es por naturaleza un material discontinuo, heterogéneo y anisótropo, lo que indica que antes de proceder al diseño de una campaña, se ha de tener una idea aproximada de lo que se ha de encontrar en el lugar de la obra y así identificar aquellas zonas que pueden presentar algún problema a futuro, con ello plantear soluciones adecuadas en el diseño de proyectos.

Debido a estas características particulares del suelo, el estudio del mismo debe realizarse de una manera adecuada y minuciosa, sin escatimar en gastos en la misma, ya que posteriormente este ahorro, traerá consigo repercusiones en la realización de la obra carretera, es de recordar que el suelo compone aproximadamente el 80% de una vía carretera, por lo que el estudio geotécnico es clave para la realización de los diseños.

El realizar una campaña geotécnica definitiva, tal y como se realiza actualmente, no es lo más conveniente, ya que estas reflejan vacíos, que se observan al momento de la construcción, por ello creemos conveniente la realización de la campaña geotécnica en dos fases.

La primera fase ha de consistir en un estudio preliminar y una recopilación de la información disponible. Esta idea implica, generar una descripción física del suelo, como: aspecto visual, color, consistencia, estructura, espesor de capas, inclinación, estratificación, nivel freático.

En la segunda fase, se debe realizar una campaña con estudios adecuados según la particularidad que presenta la zona. Este estudio se realiza con el fin de elaborar un informe geotécnico definitivo, que incluya datos relevantes y que describan al proyecto para la correcta construcción e incluir recomendaciones propias al mismo. Que se van a tomar en cuenta para dar un presupuesto cercano a la realidad.

## **Fase I**

En la primera fase, se propone la realización de estudios con métodos indirectos los cuales están basados en la medida de una característica física de los materiales que componen el subsuelo, lo que permite realizar una correlación entre éstas y así se define las características geotécnicas del mismo.

Existe una amplia gama de métodos geofísicos, sin embargo, los que son más adecuados para el estudio geotécnico de carreteras son:

- Georadar (GPR)
- Tomografía eléctrica

A continuación se describe de una breve manera, los métodos geofísicos mencionados.

### **Georadar (GPR)**

Los radares de penetración en tierra (GPR) o georadares, son sistemas electromagnéticos para el estudio no destructivo del subsuelo. Están basados en la radiación, mediante una antena transmisora muy próxima al suelo y mediante un adecuado procesamiento de datos, es posible obtener información de las características, contenido y posibles anomalías del subsuelo. Este equipo es de última generación capaz de tomar e interpretar los datos en la obra y rápido de poner en funcionamiento una vez llegados a la zona de estudio y es muy adecuado para prospecciones de gran precisión en el rango de los primeros 5 metros del terreno.

Las principales aplicaciones y líneas de investigación desarrolladas con el geo radar se centran en los siguientes campos:

- Investigación geotécnica anterior a la planificación y construcción
- Detección y diagnóstico de estructuras artificiales
- Control especial en minas y obras públicas
- Estudios arqueológicos y de patrimonio

## **Tomografía Eléctrica**

La tomografía eléctrica es una herramienta cuyo fin es determinar la distribución de la resistividad del subsuelo haciendo mediciones desde la superficie del terreno. La resistividad eléctrica es una propiedad que se relaciona con la composición y arreglo de los constituyentes sólidos del suelo, el contenido de agua y la temperatura. La inyección de corriente y medición del potencial eléctrico resultante, se realiza a través de electrodos hincados en el suelo y la manera en que éstos son acomodados recibe el nombre de configuración o dispositivo electródico.

El resultado final de este tipo de estudio es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos. La capacidad resolutive de la Tomografía eléctrica ofrece enormes posibilidades de aplicación en el ámbito de la prospección geológica, la geotecnia y la hidrogeología

El objeto de la inclusión de este tipo de estudios permitirá obtener un perfil estratigráfico del trazo de la ruta, en menor tiempo y detectar aquellos tramos en los que deban hacerse estudios más especializados según la tipología de suelos que presenten.

Es de mencionar que los métodos anteriormente descritos no sustituyen a los sondeos y estudios tradicionales, sin embargo ofrecen una estratigrafía completa a lo largo del trazado de la vía y resultados específicos en menor tiempo.

La utilización de este tipo de tecnologías permite la identificación de aquellas zonas que necesiten un estudio más profundo, por las características de materiales presentes. Lo que permite definir los diferentes ensayos que se realizaran en cada una de las zonas tipificadas.

El propietario debe incentivar a las empresas consultoras el uso de este equipo, definiéndolo así en sus documentos contractuales, con el objeto de modernizar las técnicas de investigación geotécnica en el país, reducir el tiempo de elaboración en los diseños, además de obtener mejores resultados en los diseños que se elaboran actualmente.

## **Fase II**

Consiste en definir las diferentes exploraciones y ensayos que se requieren para caracterizar los materiales encontrados, en los tramos que previamente se identificaron en la fase I, entendiendo que se especificara claramente la ubicación de los pozos a cielo abierto y Sondeos de Penetración Estándar.

### **Pozos a cielo abierto**

La reducción de la distancia entre pozos a cielo abierto permitirá tener una mejor apreciación del suelo que compone la sub rasante, dicha longitud debe ser 175.00 m, máximos adoptada de acuerdo a recomendaciones realizadas por el “Manual of surface investigations” de AASHTO 1988 ya entrevistas realizadas con consultores de amplia experiencia en estudios geotécnicos para carreteras.

### **Sondeos Mecánicos**

Dichas perforaciones deberán llegar, hasta el estrato resistente, en caso de obtener rechazos ( $N > 50$ ) en profundidades someras, deberá recurrirse al uso de ensayo de perforación rotativa y penetrar hasta llegar a una profundidad de 15 m.

En cuanto a las investigaciones geotécnicas en los sitios donde se encuentre la necesidad de emplazamientos de estructuras de drenaje de obra mayor, debe de realizarse un número de sondeos SPT adecuado en cada estribo y pila de fundación (según la importancia de la obra) y así contar con un estudio de suelos representativo, que permita definir el estrato de fundación de la obra. Esta recomendación surge debido a que la

inversión en la construcción de estas obras de arte es cuantiosa, por lo tanto su estudio debe ser adecuado, para que la inversión sea perdurable.

- **Elaboración de bitácoras de visitas de campo.**

Es importante que los especialistas en las diferentes áreas realicen visitas de campo para conocer las condiciones del sitio, estas inspecciones pueden resultar muy enriquecedoras, hay que recalcar que la experiencia del ingeniero permite tener una mayor visión acerca de los problemas que pueden presentarse en la vía y sin duda alguna tomar las consideraciones necesarias para el diseño de proyecto. Lo anterior surge debido a que muchas veces se encomienda las visitas de campo y recolección de datos a personal que no cuenta con conocimientos y la experiencia suficiente, por lo que se obtienen resultados no adecuados en los diferentes estudios de cada una de las disciplinas.

La inclusión de este punto en los términos de referencia, obligará a los profesionales a visitar el lugar donde se emplazara proyecto y dejar un registro de lo que se observó en campo y así denotar las diferentes percepciones que cada especialista tiene sobre la situación de la vía.

Cada una de estas visitas deberá ser registrada mediante bitácoras para constatar que efectivamente se visitó el sitio del proyecto, durante las visitas o actividades de campo, será importante tomarse el tiempo necesario para detenerse cuando haga falta y realizar inspecciones en los puntos merezcan mayor atención a lo largo de la traza donde se ha proyectado la vía, ya sean geográficos, hidráulicos, geológicos, estructurales, etc.

- **Actualización de los registros de estaciones meteorológicas**

Actualmente, para los diseños hidráulicos se utilizan registros pluviométricos, de datos históricos tomados hasta la década de los ochenta, lo cuál se debe a que algunas

estaciones fueron cerradas durante el conflicto armado en nuestro país por seguridad ya que estas eran vandalizadas, posteriormente en la década de los noventas fueron rehabilitadas y en el año 2,000 se instauraron estaciones telemétricas. Es decir que el periodo en el que permanecieron cerradas las estaciones, no se tiene un registro de las diferentes variables meteorológicas. Y en los datos registrados a partir de los noventas, no se encuentran actualmente procesados.

Por lo que se recomienda a las autoridades competentes, poner a disposición los registros de lluvia procesados bajo control de calidad las dos últimas décadas, debido al cambio climático que se ha experimentado en los últimos años. Se propone que se incluya en los Términos de Referencia que el diseñador elabore sus curvas IDF (Intensidad Duración y Frecuencia), para obtener datos más certeros y diseños más apegados a la realidad.

- En cuanto a la revisión de diseño de proyectos, el propietario debe contar con personal de amplia experiencia y criterio para la aprobación y recepción de los mismos.
- Los términos de referencia en los cuales se basan los diseños de ingeniería vial, deben ser particularizados para cada proyecto donde se desee realizar una obra, ya que cada zona presenta características geológicas, geotécnicas hidrológicas diferentes.
- Si con los términos de referencias en los que se basa el diseño no pueden cumplirse los alcances establecidos para el proyecto, los mismos deben estar sujetos a modificaciones en tiempo y monto contractual. En ningún caso el contenido de los términos de referencia reemplazará el conocimiento de los principios básicos de la Ingeniería y técnicas afines, así como tampoco el

adecuado criterio profesional. Es de aclarar que el Consultor es responsable de la calidad del diseño que proponga.

▪ **Supervisión de Elaboración de Diseño.**

El contar con una firma consultora contratada para los servicios de supervisión, con la experiencia suficiente en la elaboración de diseño de proyectos viales, pueden obtenerse los siguientes beneficios:

- Obtener un diseño, que cumpla con los alcances con el cuál fue definido.
- Control de muestreos adecuados en los diferentes estudios realizados.
- Obtención de información de contraste, en muestras obtenidas del estudio geotécnico.
- Verificación del cumplimiento de normas, en ensayos realizados.
- Revisión oportuna de diferentes alternativas de diseño presentadas por el consultor y elección de aquella que sea más conveniente de acuerdo a su funcionabilidad técnica y económica.
- Optimización de recursos utilizados y estudios realizados.
- Definir y aprobar prorrogas en tiempo de ejecución del diseño, cuando lo amerita.
- Justificar si es necesario el aumento de monto del contrato.

▪ **Reducción del tiempo entre la elaboración del diseño y la ejecución del proyecto.**

Con el objetivo de que las condiciones existentes para las cuales se realizó el diseño no difieran considerablemente al momento de la ejecución.

Además, se evita que existan grandes variaciones en los precios presupuestados en el del diseño y se dispongan menores recursos financieros en la asignación de fondos para la realización del proyecto.

Permite tener en vigencia la garantía de buen diseño, lo que permitirá mantener a disposición a los consultores que diseñaron el proyecto, en el caso de presentarse alguna deficiencia en el mismo y en la situación más crítica, hacerla efectiva.

- **Garantía de Buen Diseño.**

En el capítulo IV de la Ley de Adquisiciones y contrataciones de la Administración Pública (LACAP), no se define el término Garantía de buen diseño, por lo que no está estipulado claramente los motivos de aplicación, la vigencia y el valor de la misma. Se recomienda establecer un periodo de 1 a 2 años, el cual es considerado un tiempo prudencial entre la elaboración del diseño de proyectos y ejecución del mismo, el establecer un porcentaje del 50% del monto del contrato, permitirá obtener diseños más detallados y responsabilizar al consultor por cualquier omisión en sus trabajos.

- **Liberación del derecho de vía**

Al momento de ejecución del proyecto, el corredor de la vía debe estar completamente liberado. Para evitar que el desarrollo del proyecto sufra algún atraso.

- **Mejora en técnicas de evaluación en concursos de diseño de proyectos viales**

Se recomienda en los concursos de diseño de proyectos viales; la ponderación y evaluación de las estrategias y metodologías de investigación a desarrollar por cada consultor y así mismo, su capacidad técnica y financiera, para la elaboración de proyectos. Lo cual traerá consigo diseños más elaborados y acordes a la situación que se presenta en cada sitio de la obra.

# **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Documentación proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Desarrollo Urbano (MOPTVDU), relacionada al diseño de proyecto “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS”:
  - Términos de referencia del proyecto
  - Informe Final de Diseño
  - Planos de Diseño
  - Información complementaria, como:
    - Tiempo de ejecución de Diseño
    - Monto de elaboración de Diseño
    - Plan de Oferta de Diseño
- Documentación proporcionada por el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) relacionada a la construcción del proyecto “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS”:
  - Informe de revisión de Diseño, por parte del supervisor
  - Planos de como construido
  - Ordenes de cambio:
    - Orden de cambio No. 1
    - Orden de cambio No. 2
    - Orden de cambio No. 3
    - Orden de cambio No. 4
    - Orden de cambio No. 5
  - Estimaciones:
    - Estimación por liquidación
  - Documentación complementaria:
    - Plan de oferta de adjudicación del proyecto
    - Tiempo de ejecución del proyecto.

## FUENTES DE CONSULTA EN INTERNET

- <http://multimedia.laprensagrafica.com/pdf/2010/05/201200519-informe-mop.pdf>
- [http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=787&Itemid=77](http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=787&Itemid=77)
- [http://www.lananme.ucr.ac.cr/docs/boletines\\_pitra/boletin\\_semanal\\_pitra\\_11\\_geotecnia.pdf](http://www.lananme.ucr.ac.cr/docs/boletines_pitra/boletin_semanal_pitra_11_geotecnia.pdf)
- [http://www.elsalvador.com/nwedh/nota/nota\\_completa.asp?idCat=6351&ridArt=6012442](http://www.elsalvador.com/nwedh/nota/nota_completa.asp?idCat=6351&ridArt=6012442)

# **ANEXOS**

---

---

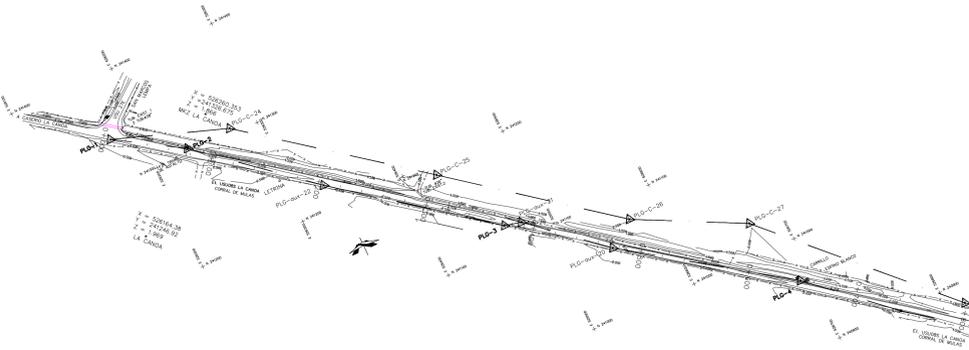
# **PLANOS DE DISEÑO**

---

PROYECTO “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE  
CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS”:



ESQUEMA DE SECCIONES



**SIMBOLOGIA**

	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROJ. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE

SECCIÓN 1



SECCIÓN 2



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

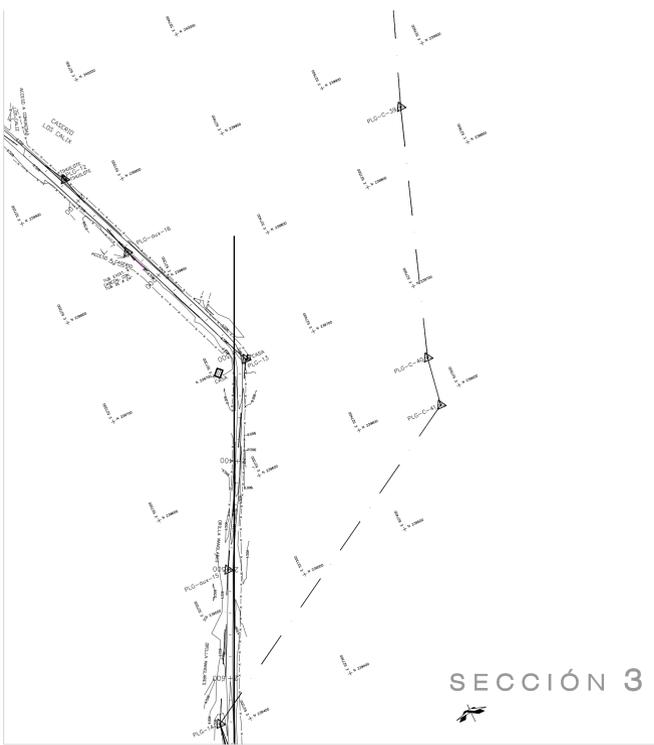
1:2,500

HOJA:

1 / 16

FECHA:

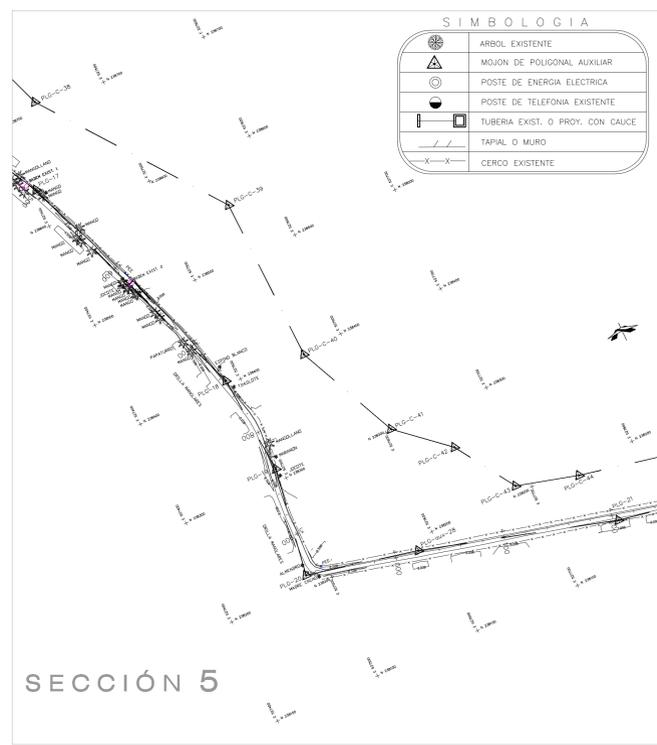
FEBRERO DE 2013



SECCIÓN 3



SECCIÓN 4



SECCIÓN 5

**SIMBOLOGIA**

	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROJ. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

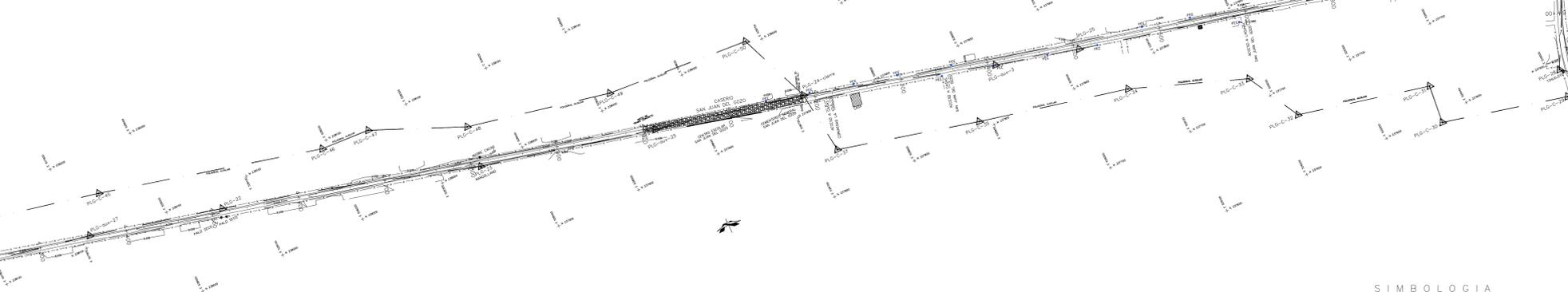
2 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES



SECCIÓN 6

**SIMBOLOGIA**

	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROJ. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

3 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador  
Hacia la libertad por la cultura

ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCION EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

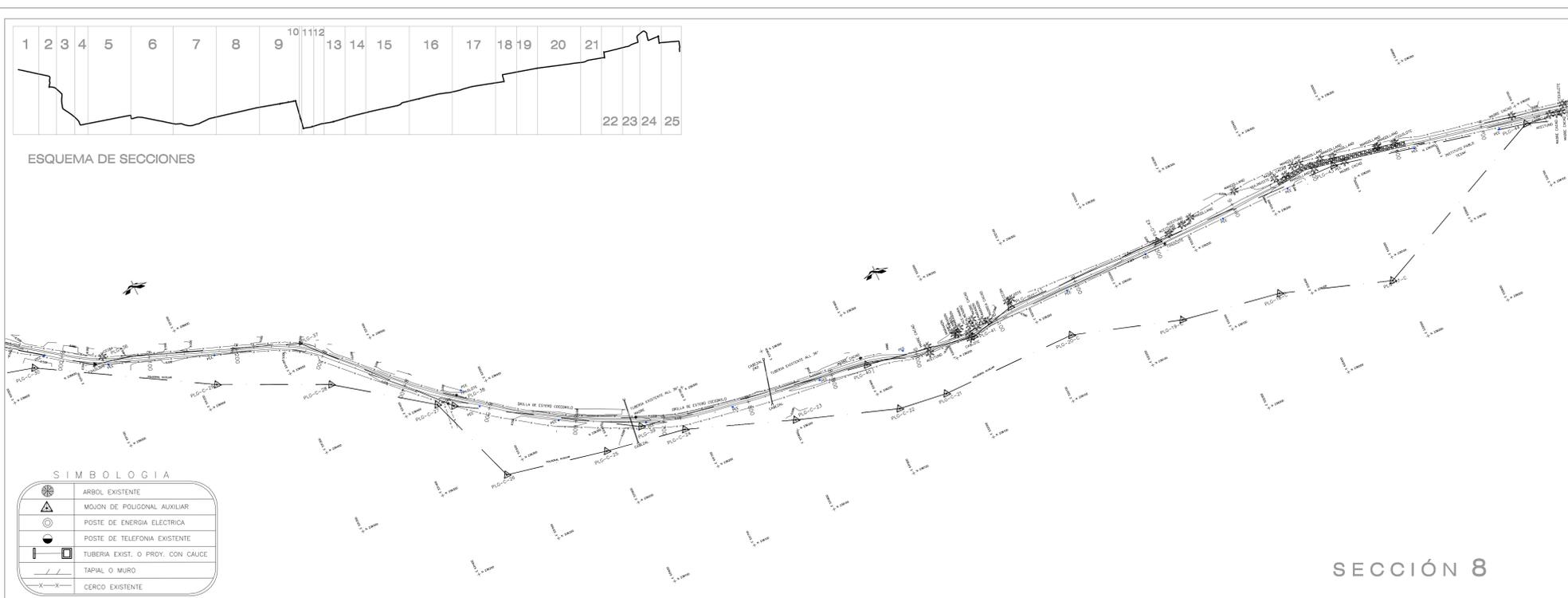
1:2,500

HOJA:

4 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador  
Hacia la libertad por la cultura

ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCION EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

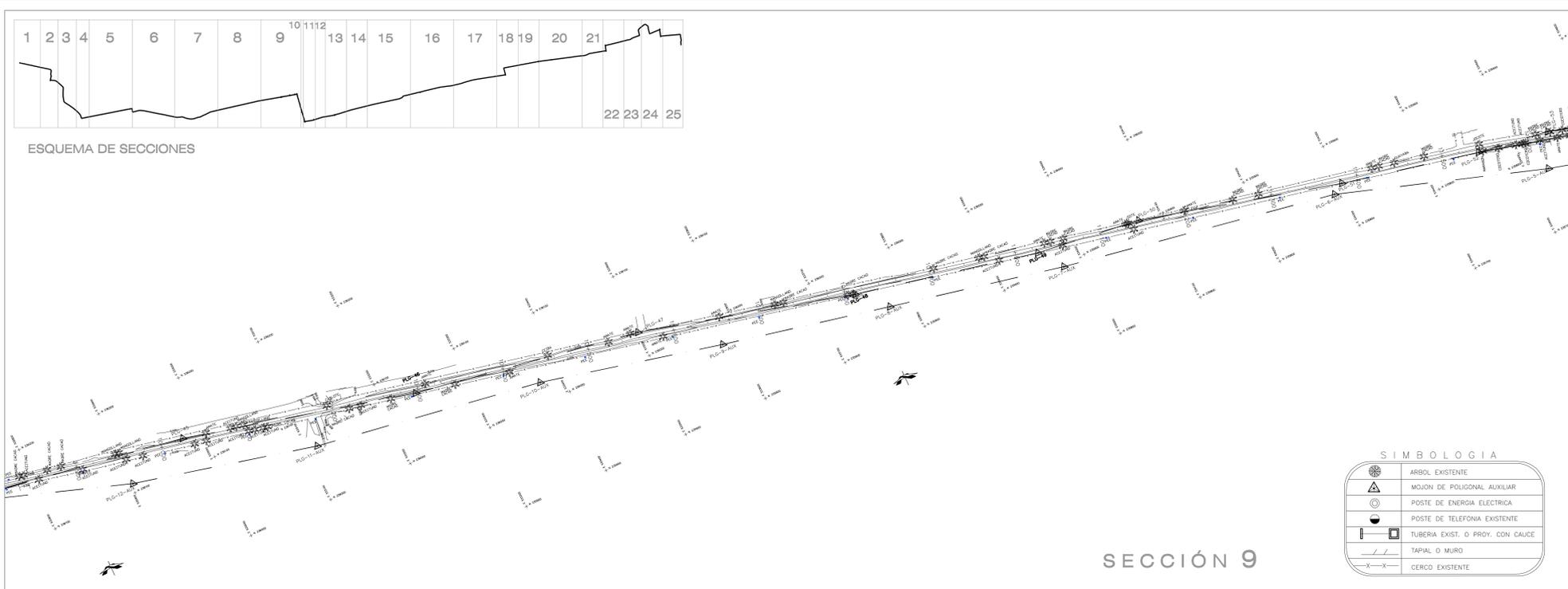
1:2,500

HOJA:

5 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador  
Hacia la libertad por la cultura

ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCION EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

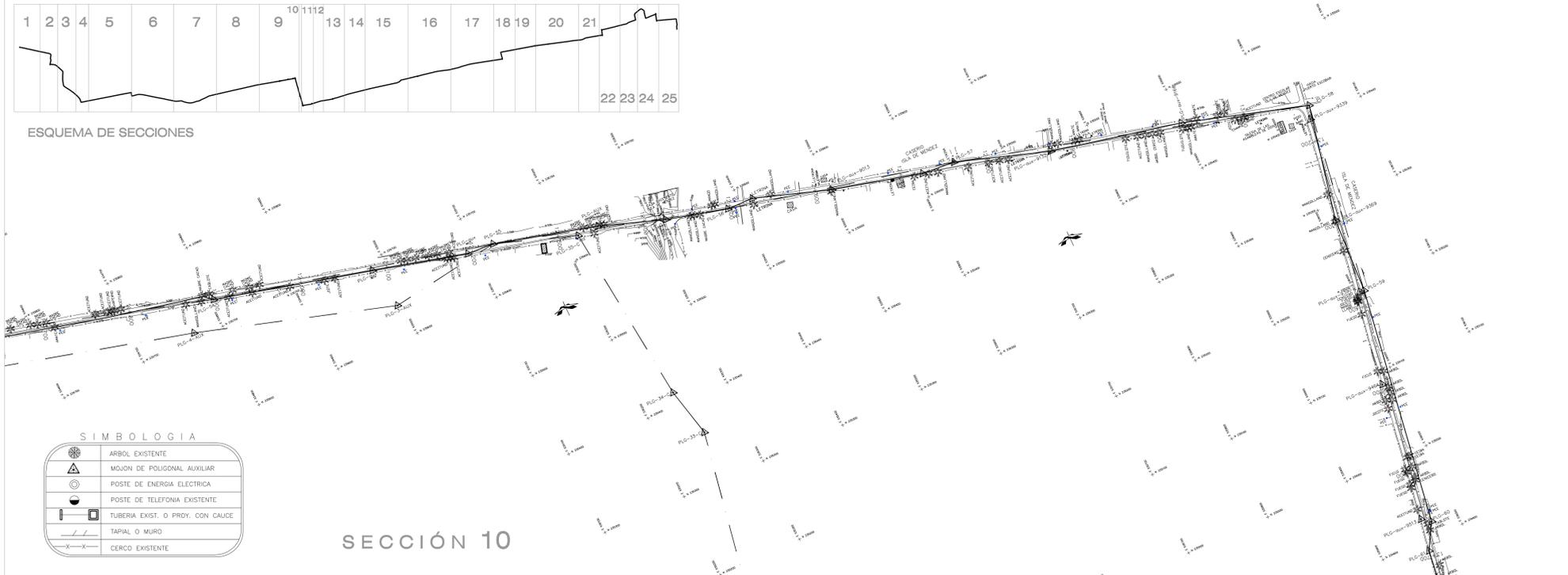
6 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES



**SIMBOLOGIA**

	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROY. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE

SECCIÓN 10



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO Y SUS REPERCUSSIONES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

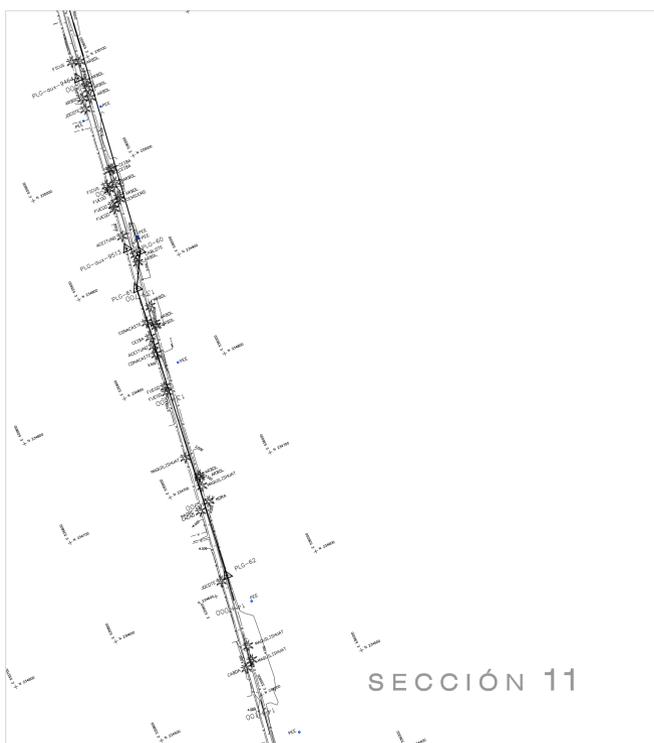
1:2,500

HOJA:

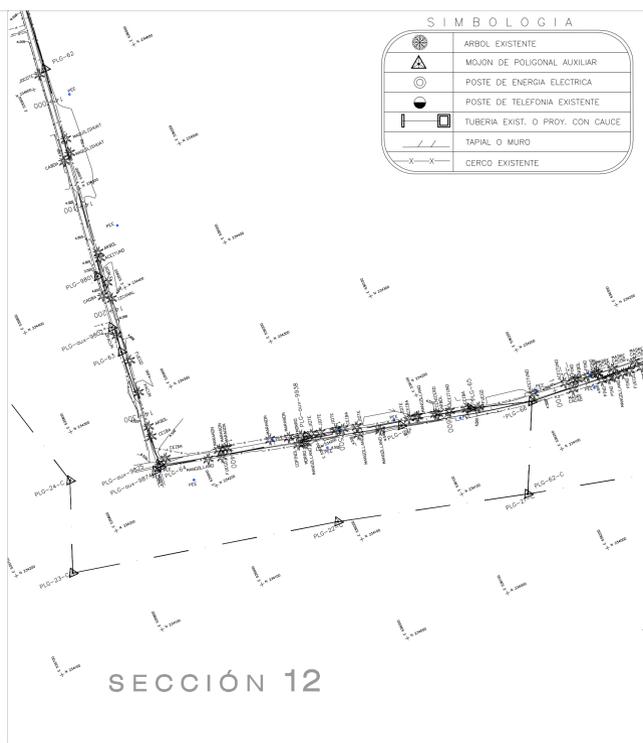
7 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



SECCIÓN 11



SECCIÓN 12

**SIMBOLOGIA**

	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROY. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE



SECCIÓN 13



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO Y SUS REPERCUSSIONES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

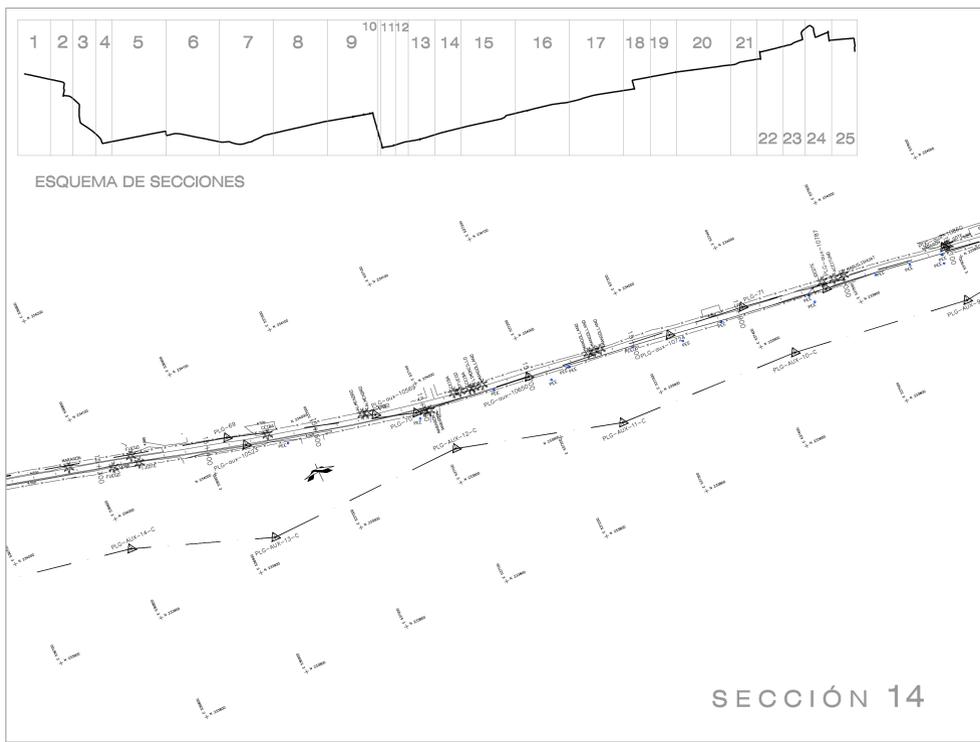
1:2,500

HOJA:

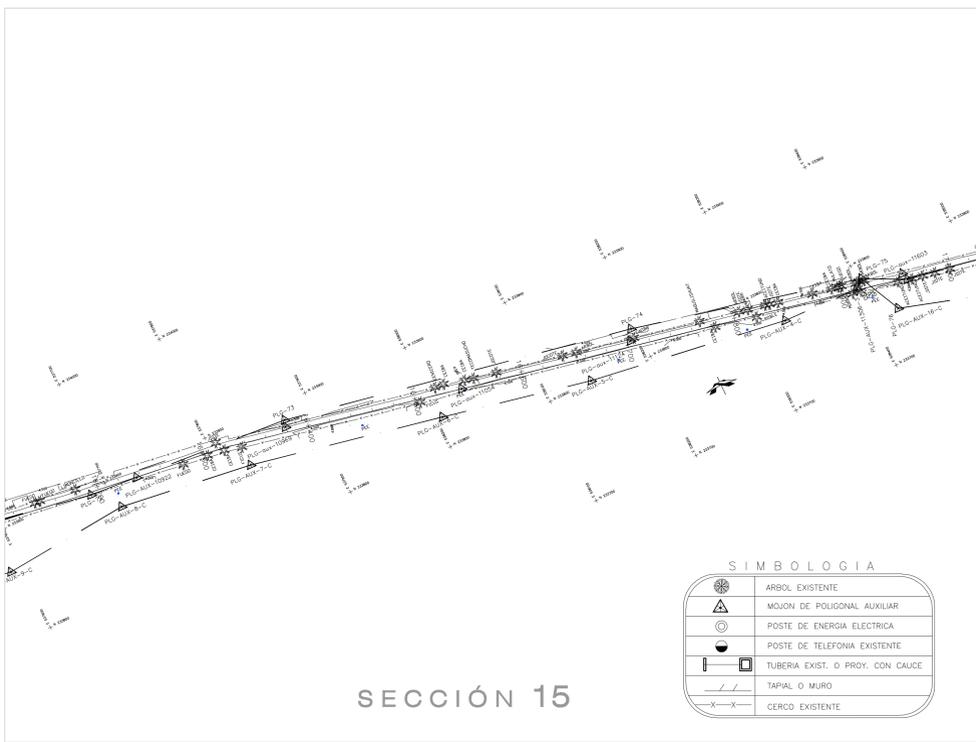
8 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



SECCIÓN 14



SECCIÓN 15

**SIMBOLOGIA**

	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROY. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO Y SUS REPERCUSSIONES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

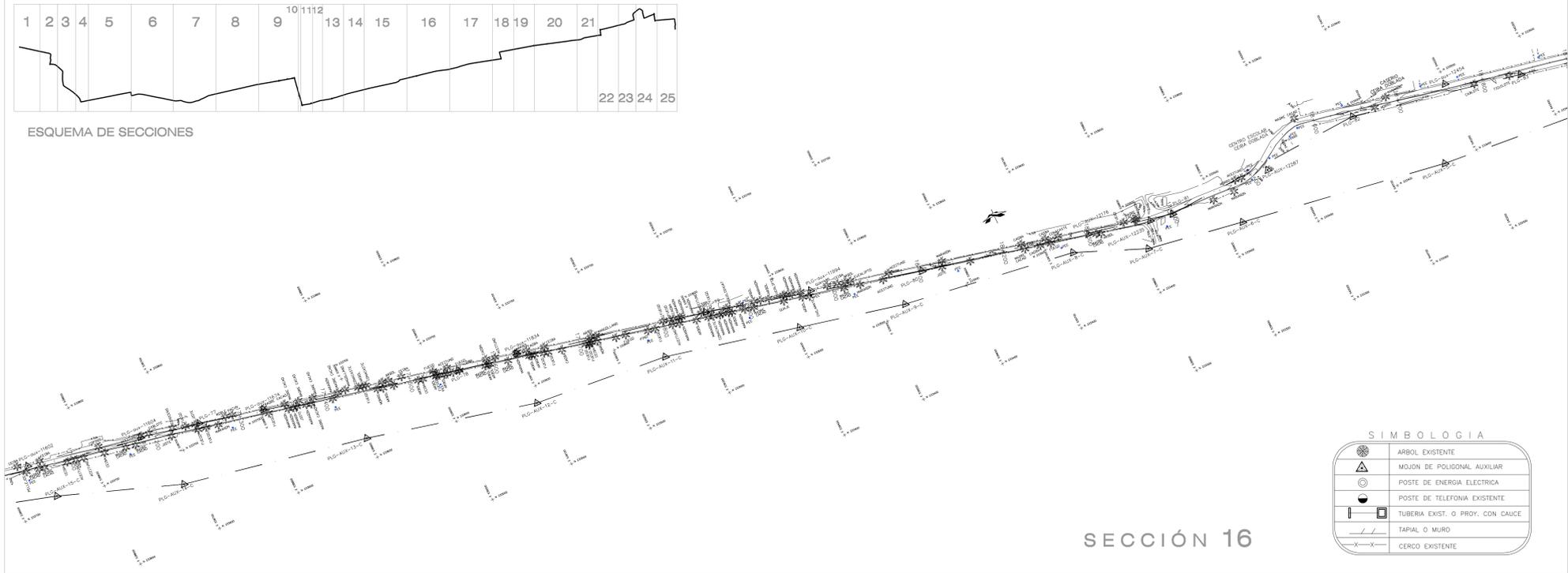
9 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES



SECCIÓN 16



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO Y SUS REPERCUSSIONES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

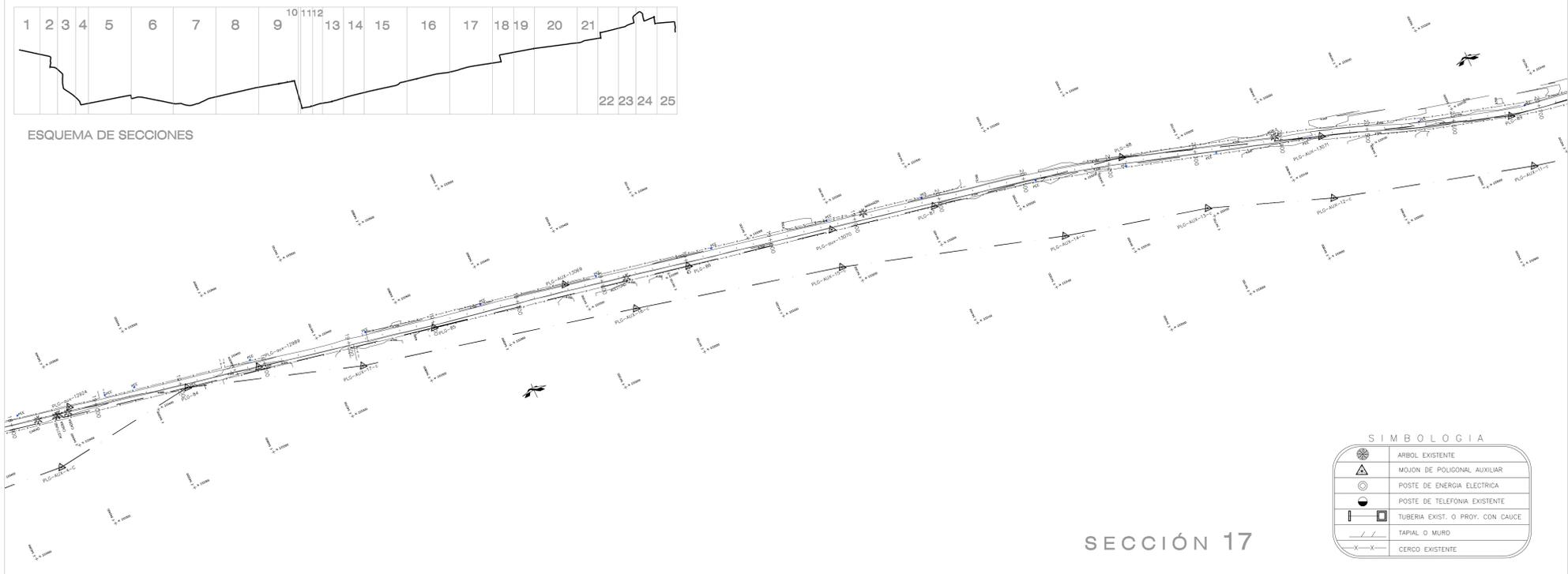
10 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES



SECCIÓN 17



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO Y SUS REPERCUSSIONES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

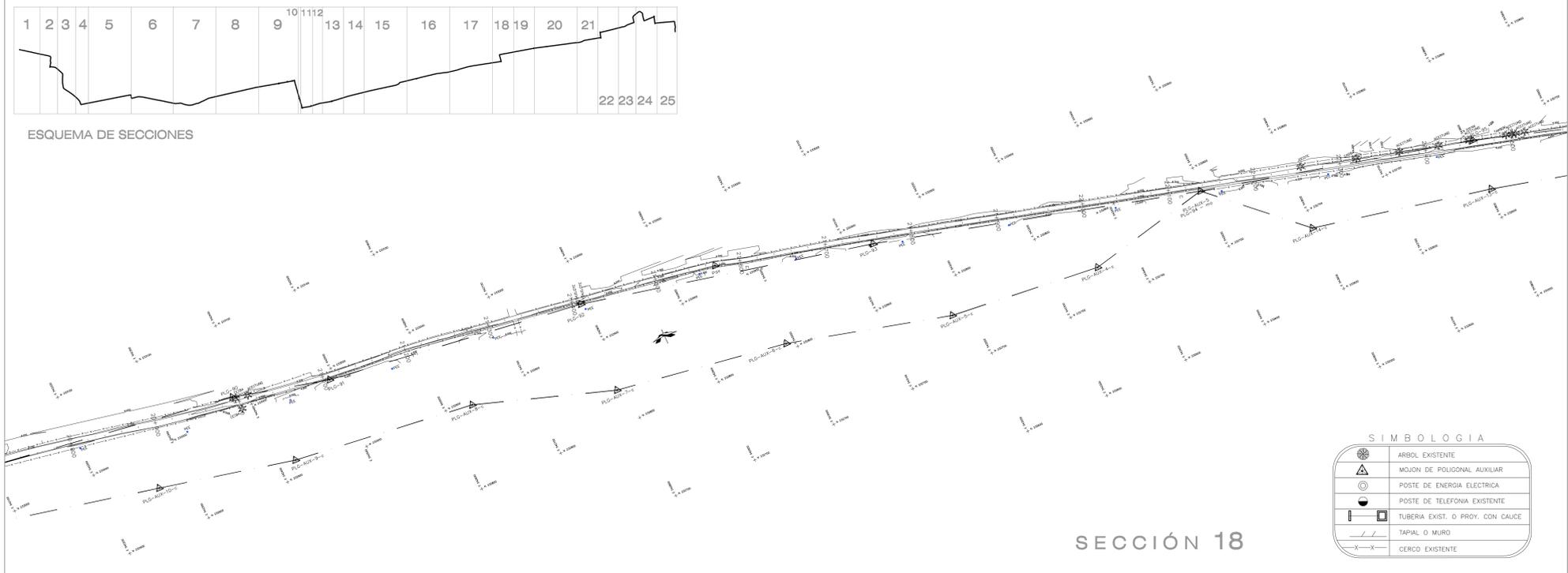
11 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES



SECCIÓN 18



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO Y SUS REPERCUSSIONES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

12 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



SECCIÓN 19



SECCIÓN 20

SIMBOLOGIA	
	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROJ. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador  
Hacia la libertad por la cultura

ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCION EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

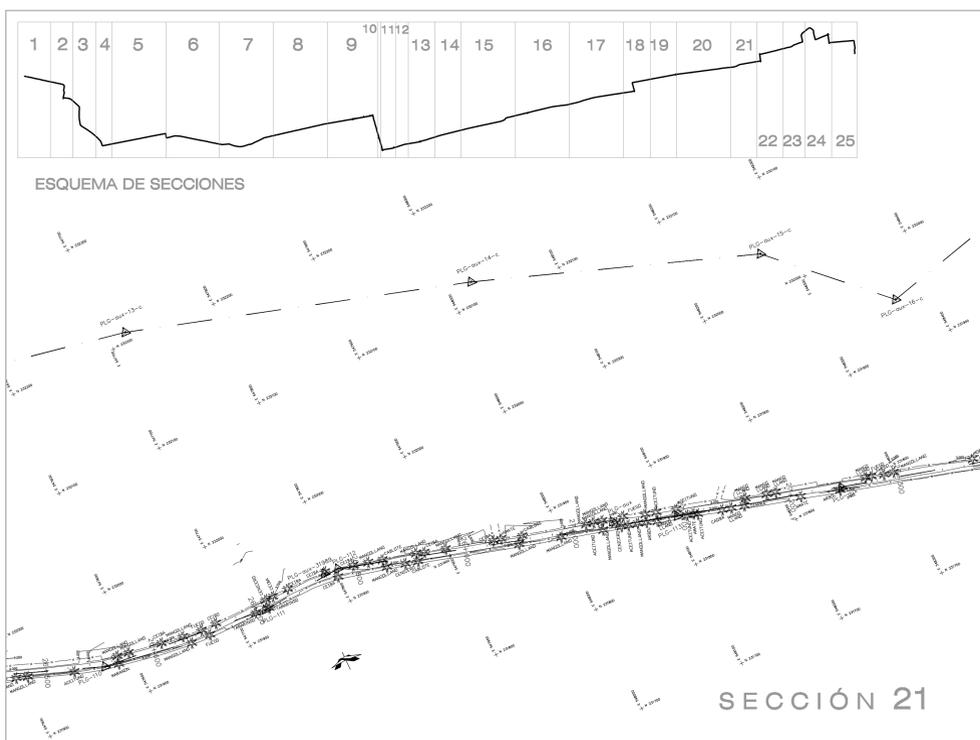
1:2,500

HOJA:

13 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES

SECCIÓN 21



SECCIÓN 22

SIMBOLOGIA	
	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROJ. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador  
Hacia la libertad por la cultura

ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCION EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

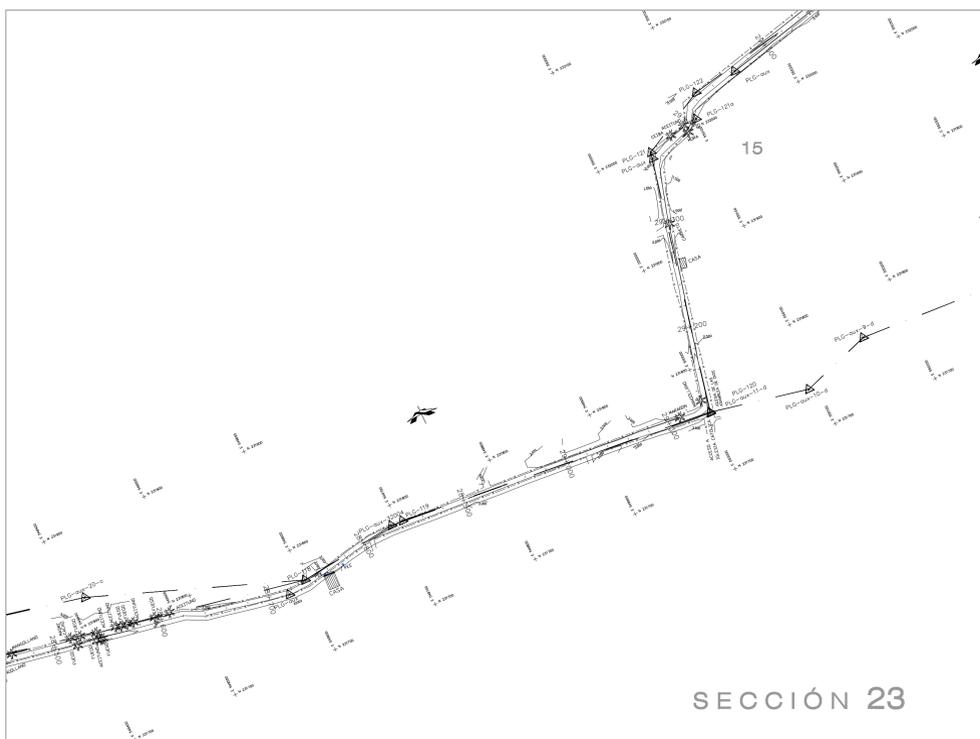
1:2,500

HOJA:

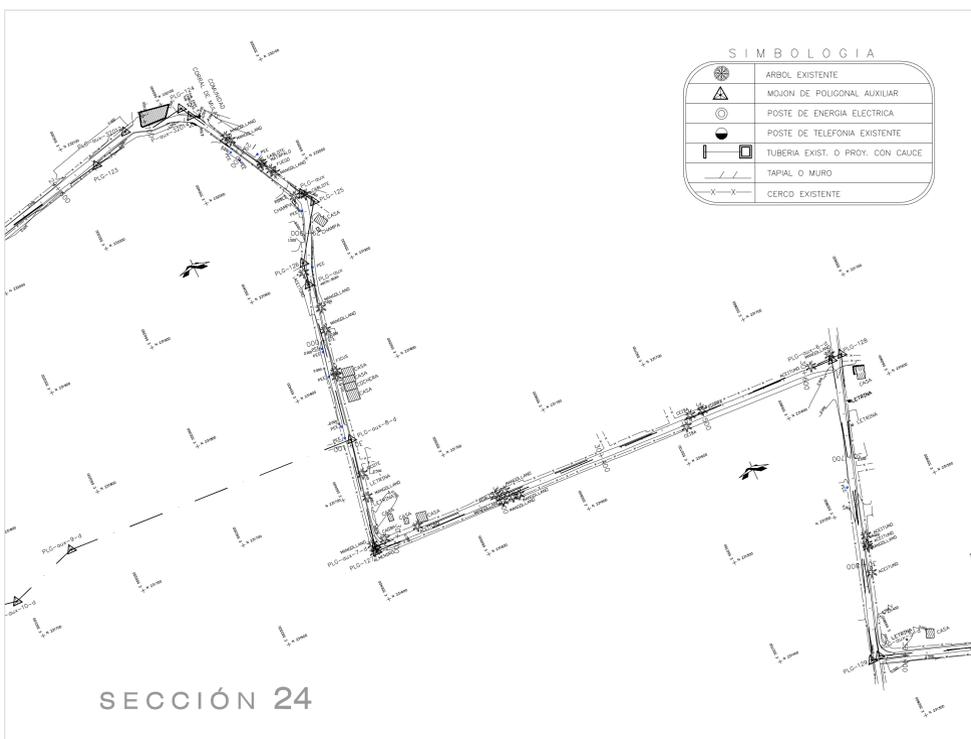
14 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



SECCIÓN 23



SECCIÓN 24

SIMBOLOGIA	
	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROJ. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador  
Hacia la libertad por la cultura

ANALISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCION EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MSc. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

15 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
 CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
 VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
 Y SUS REPERCUSIONES EN LA  
 CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
 SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
 BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
 ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
 MSc. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
 CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
 CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS'

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

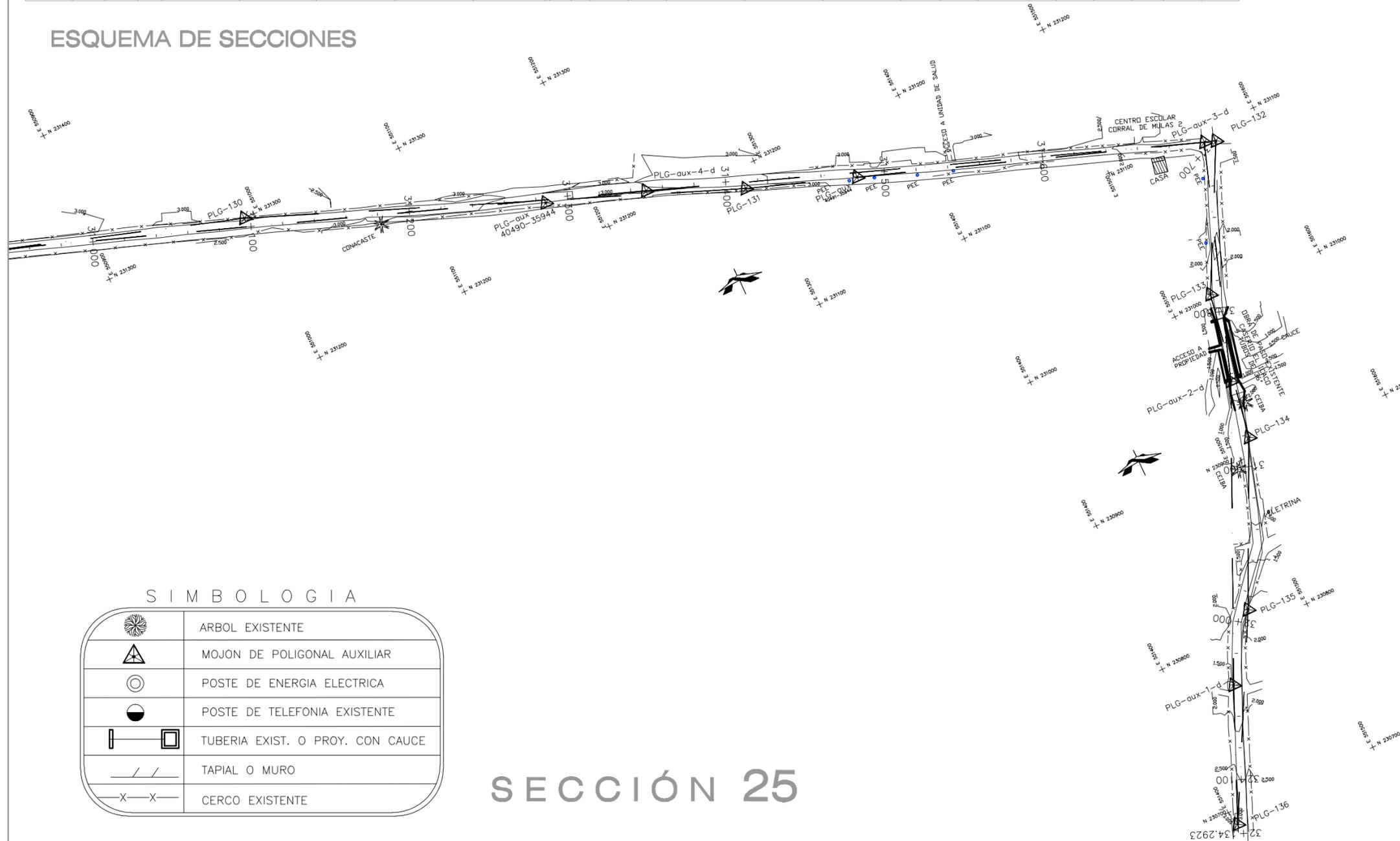
16 / 16

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES



SIMBOLOGIA	
	ARBOL EXISTENTE
	MOJON DE POLIGONAL AUXILIAR
	POSTE DE ENERGIA ELECTRICA
	POSTE DE TELEFONIA EXISTENTE
	TUBERIA EXIST. O PROY. CON CAUCE
	TAPIAL O MURO
	CERCO EXISTENTE

SECCIÓN 25

# **PLANOS COMO CONSTRUIDO**

---

PROYECTO “MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA CANOA (ET. USU08S) – CORRAL DE MULAS”:



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
 CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
 VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
 Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
 CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
 SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
 BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
 ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
 MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
 CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
 CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

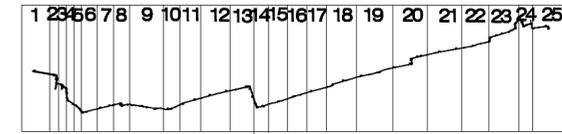
1:2,500

HOJA:

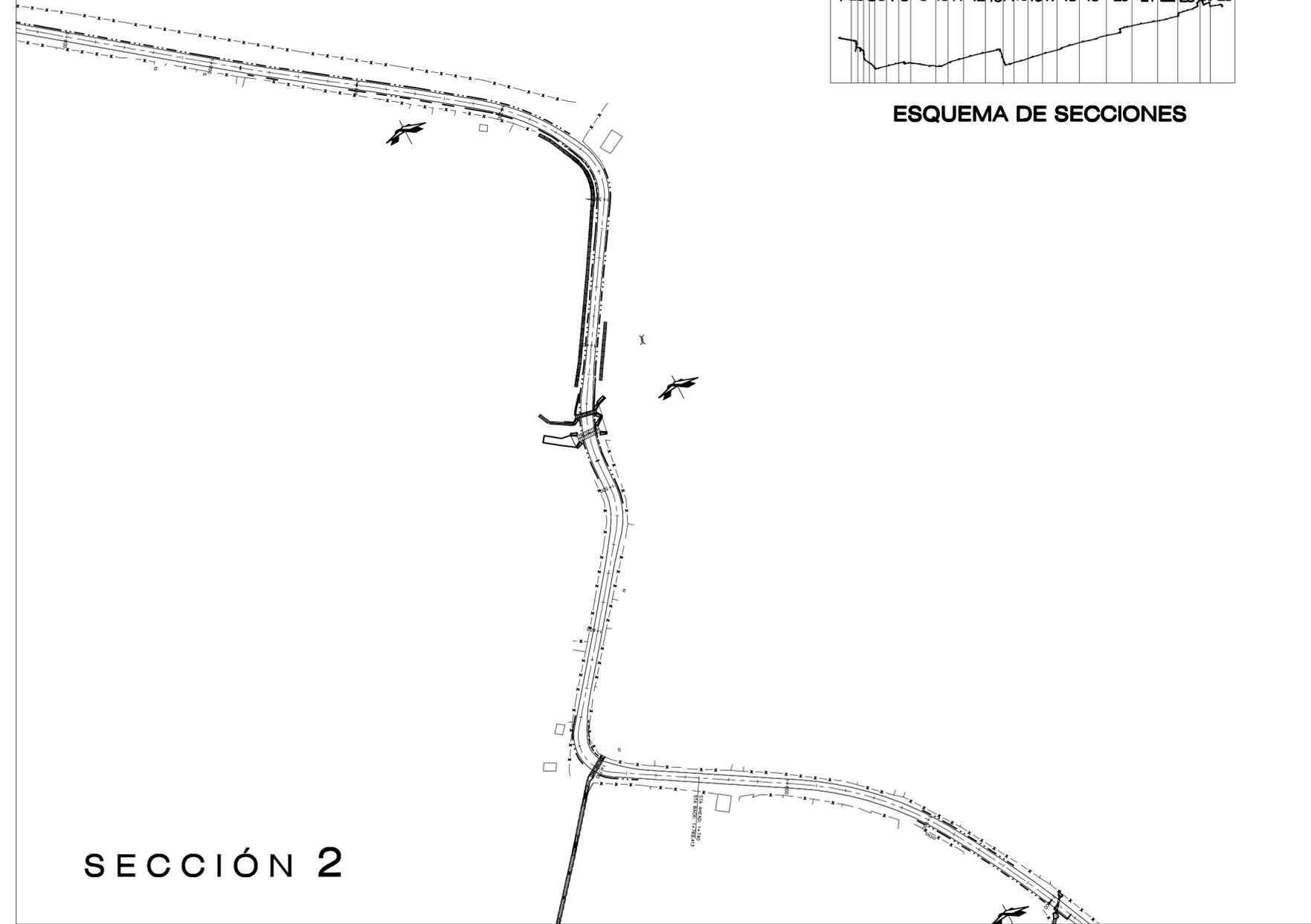
1 / 10

FECHA:

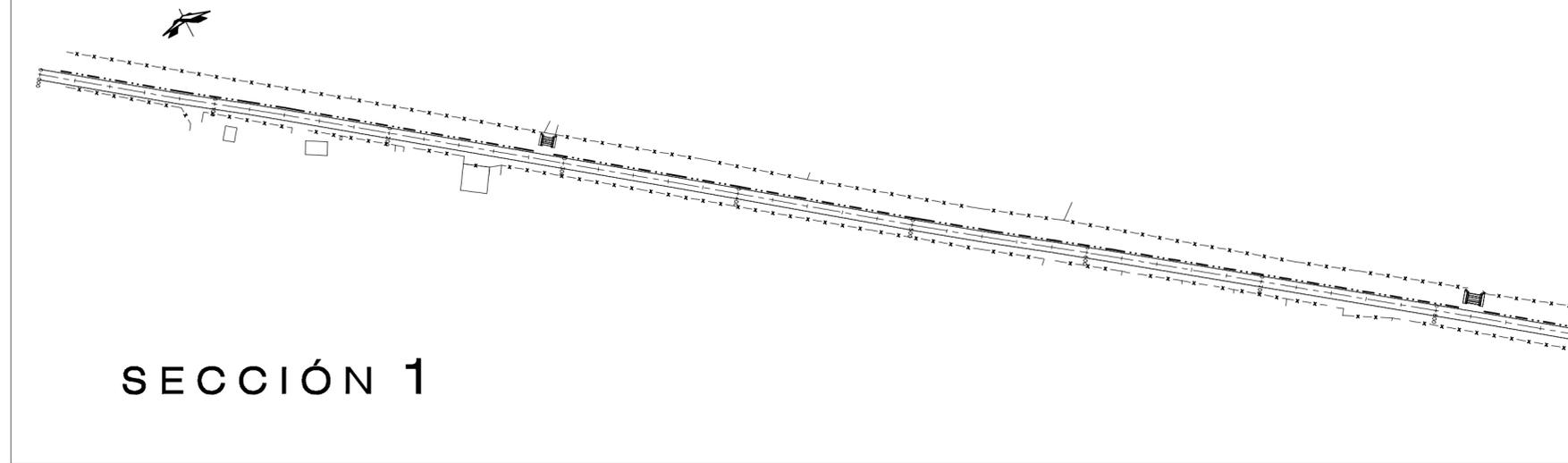
FEBRERO DE 2013



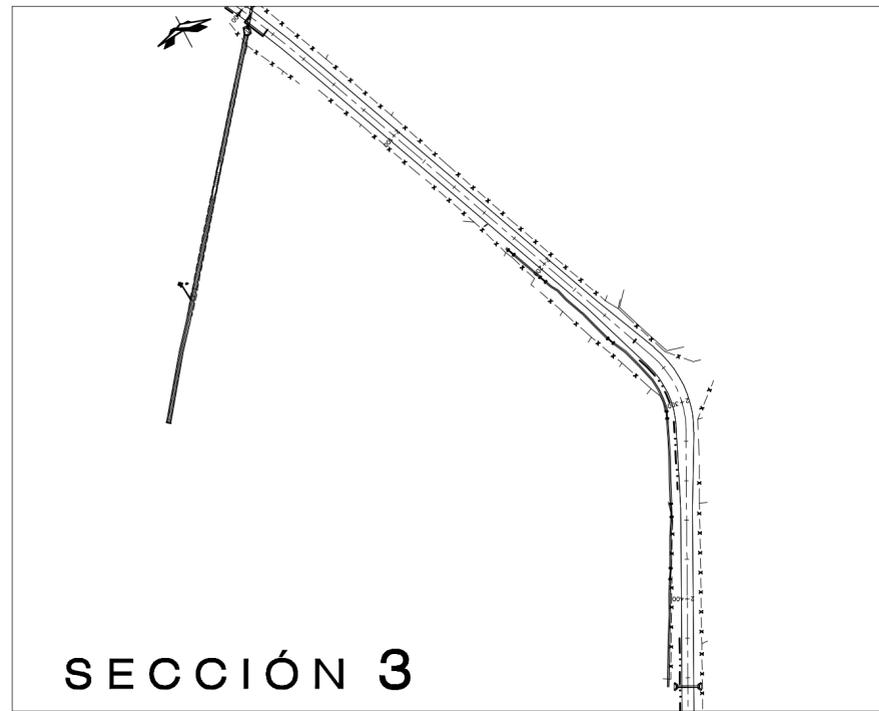
ESQUEMA DE SECCIONES



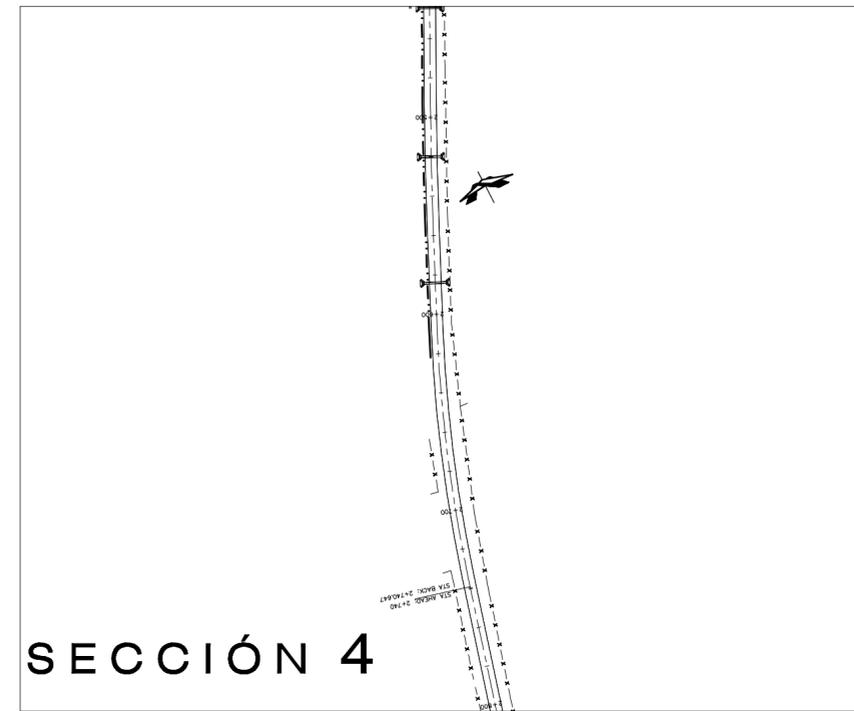
SECCIÓN 2



SECCIÓN 1



SECCIÓN 3



SECCIÓN 4



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

2 / 10

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES

SECCIÓN 5

SECCIÓN 6

SECCIÓN 7



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
 CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
 VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
 Y SUS REPERCUSIONES EN LA  
 CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
 SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
 BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
 ING. JOSÉ RANULFO CARGAMO Y CARGAMO  
 MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
 CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
 CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

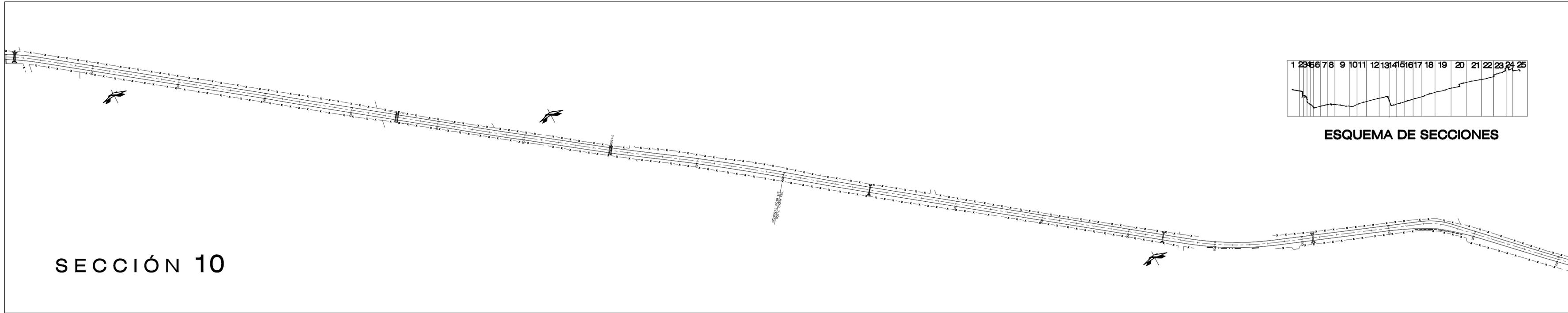
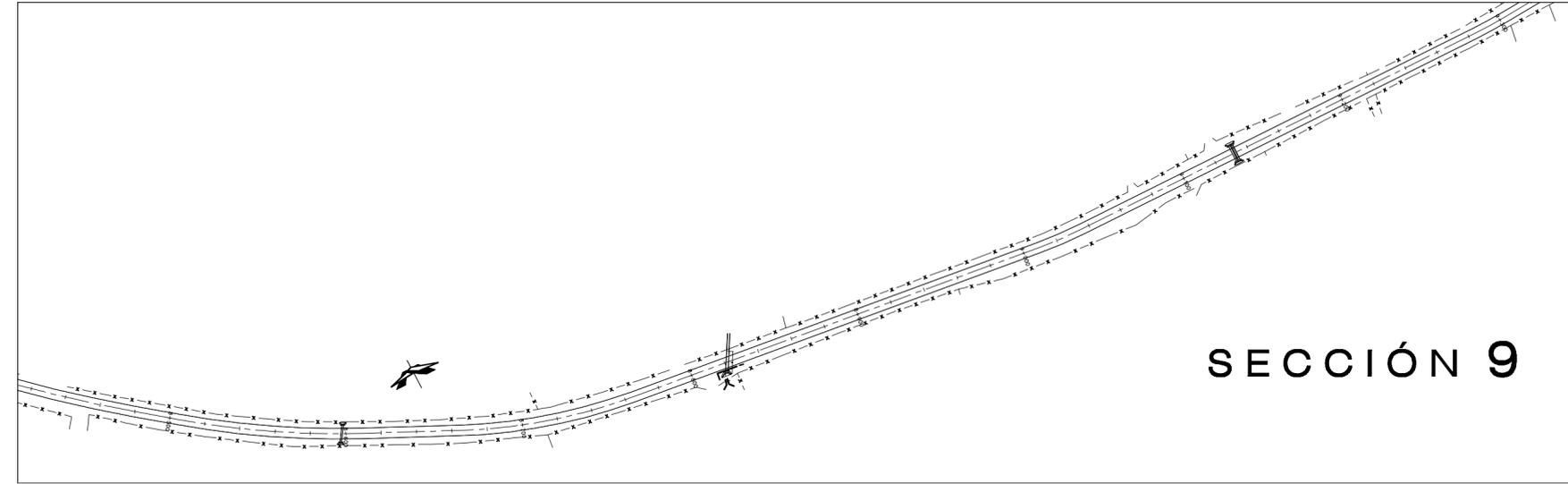
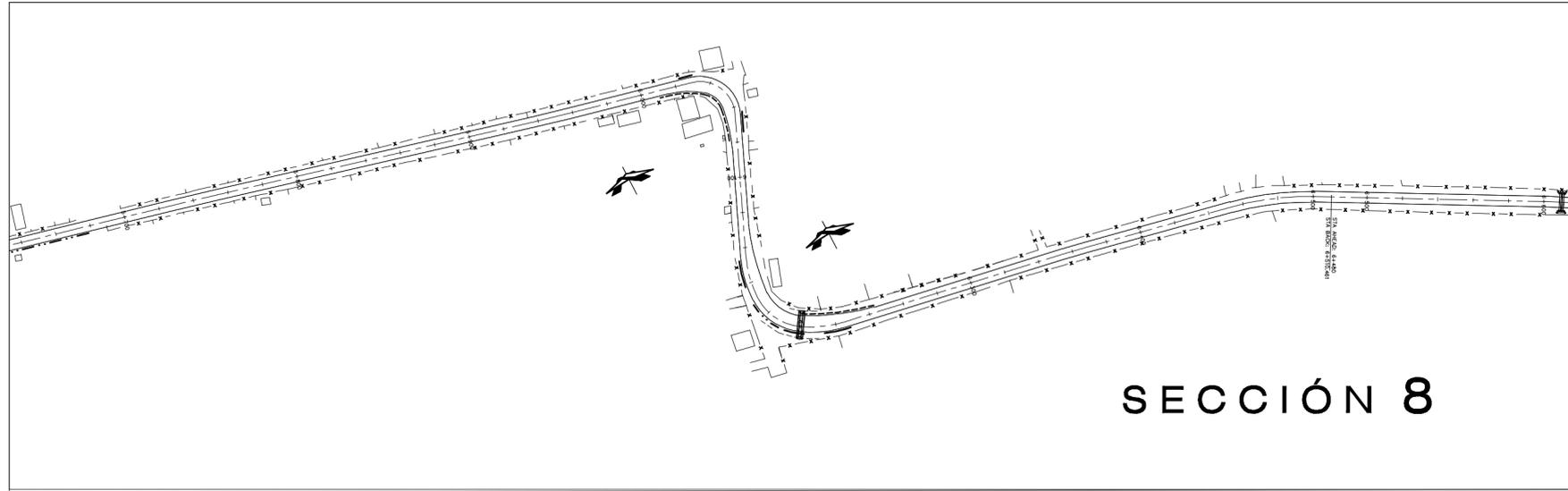
1:2,500

HOJA:

3 / 10

FECHA:

FEBRERO DE 2013





ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

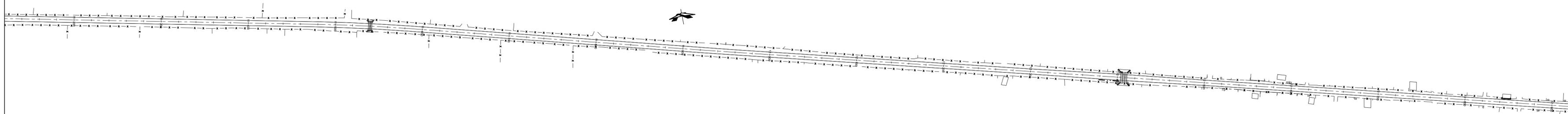
4 / 10

FECHA:

FEBRERO DE 2013



## SECCIÓN 11



## SECCIÓN 12



ESQUEMA DE SECCIONES



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
 CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
 VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
 Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
 CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
 SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
 BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
 ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
 MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
 CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
 CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

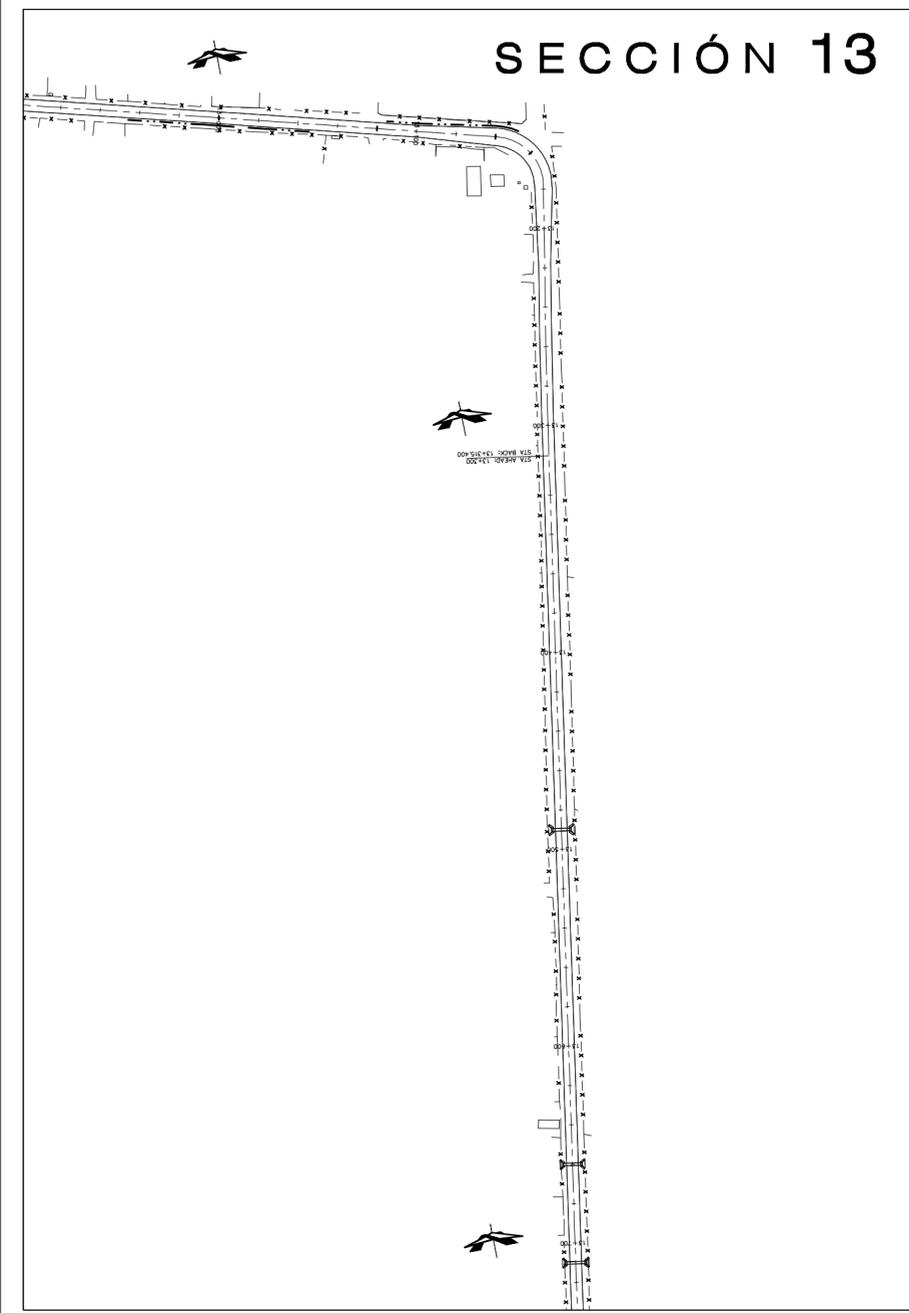
HOJA:

5 / 10

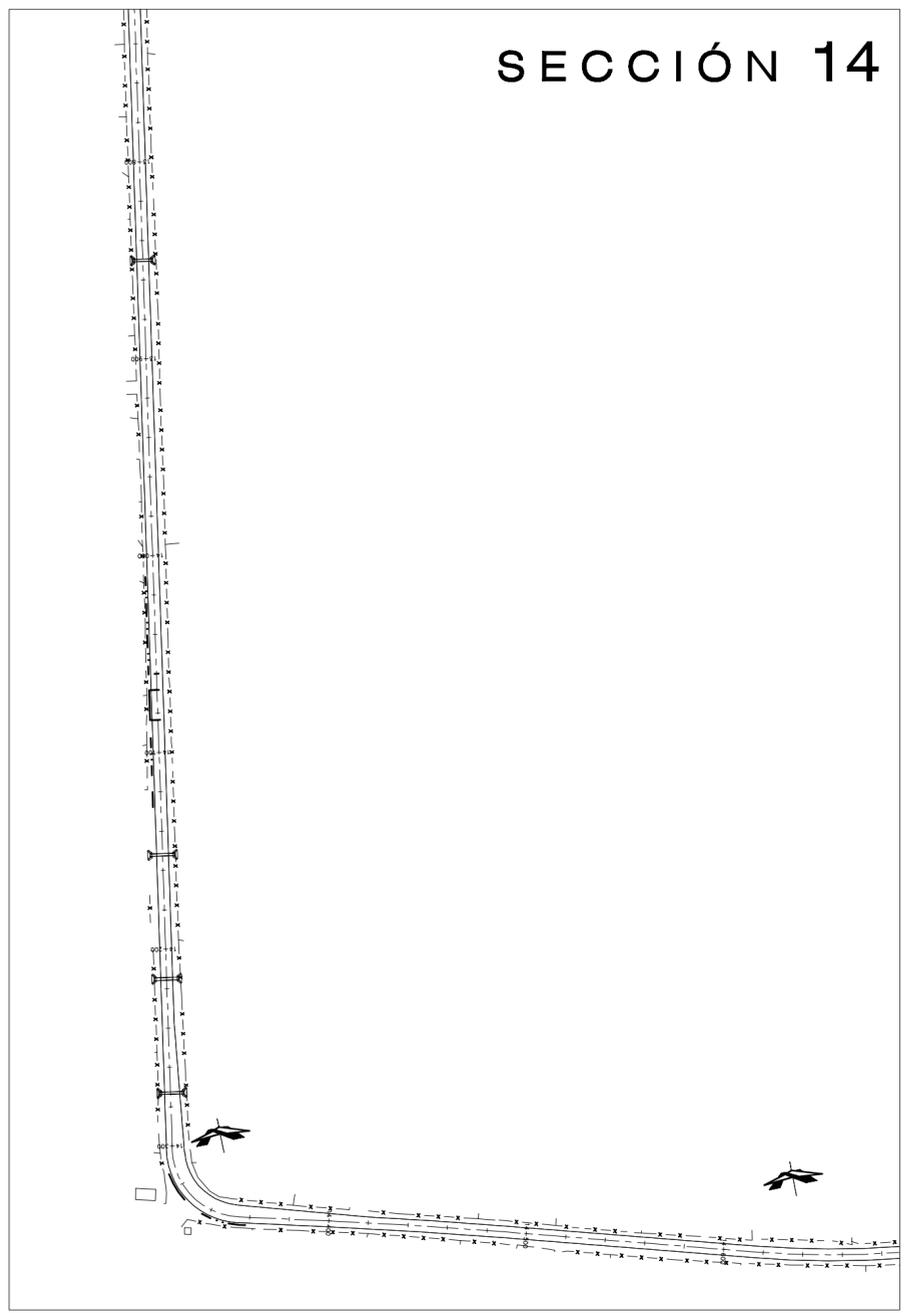
FECHA:

FEBRERO DE 2013

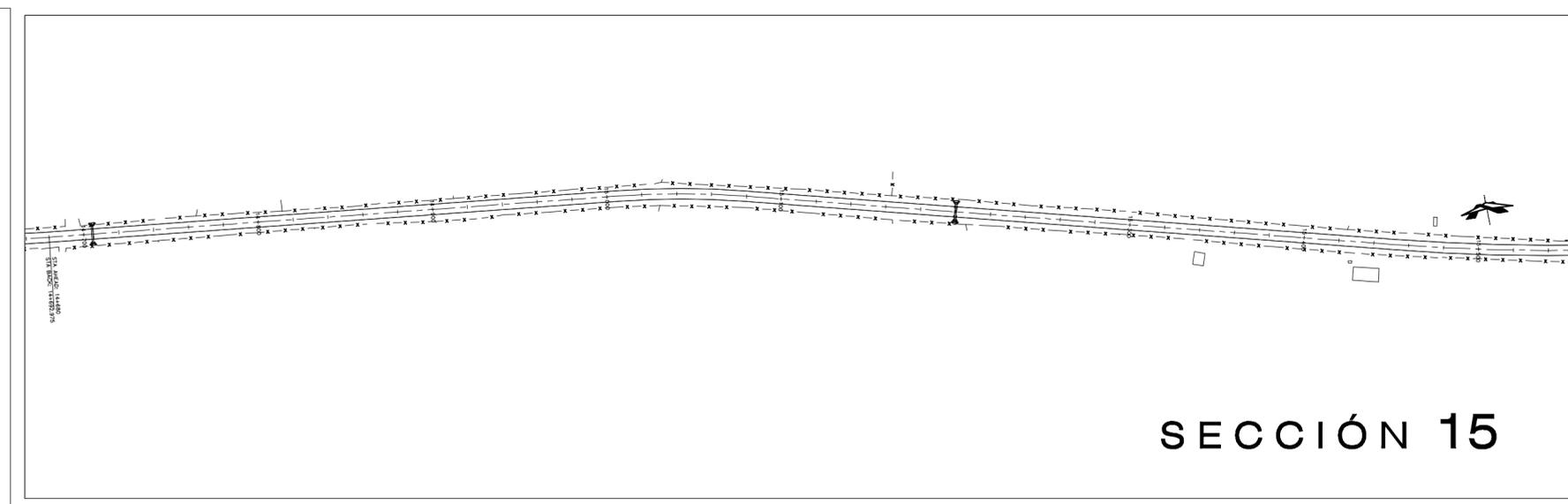
# SECCIÓN 13



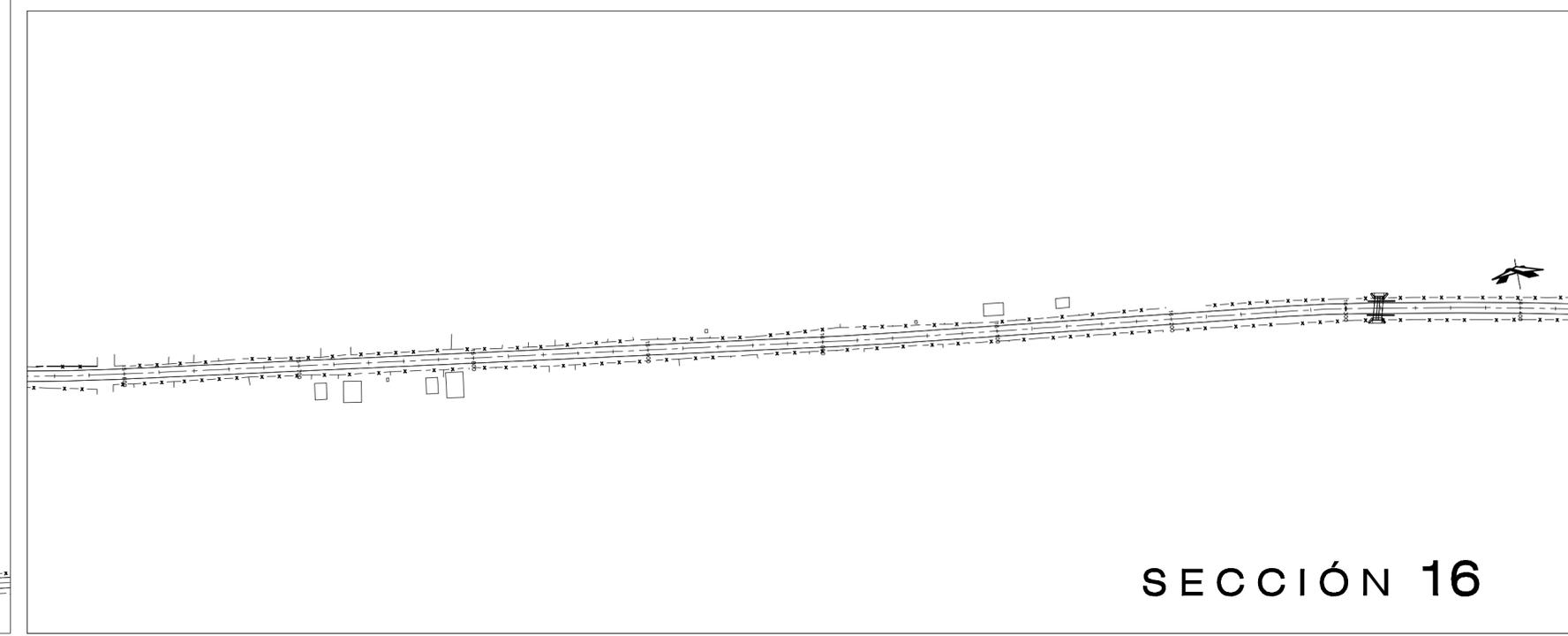
# SECCIÓN 14



# SECCIÓN 15



# SECCIÓN 16





ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

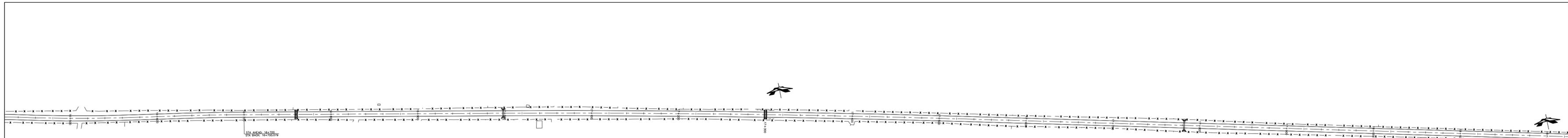
1:2,500

HOJA:

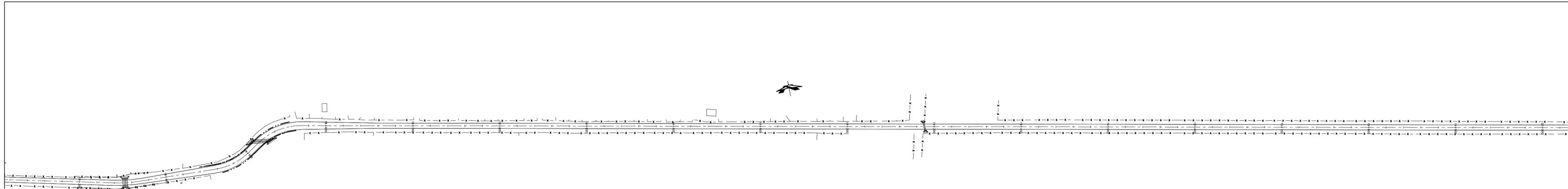
6 / 10

FECHA:

FEBRERO DE 2013



SECCIÓN 17



SECCIÓN 18



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
 CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
 VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
 Y SUS REPERCUSIONES EN LA  
 CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
 SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
 BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
 ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
 MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
 CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
 CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

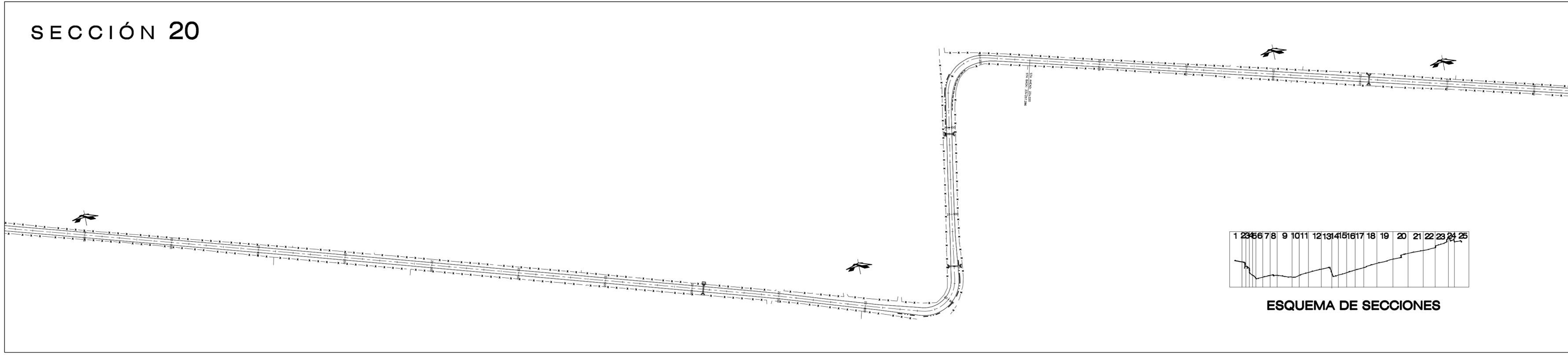
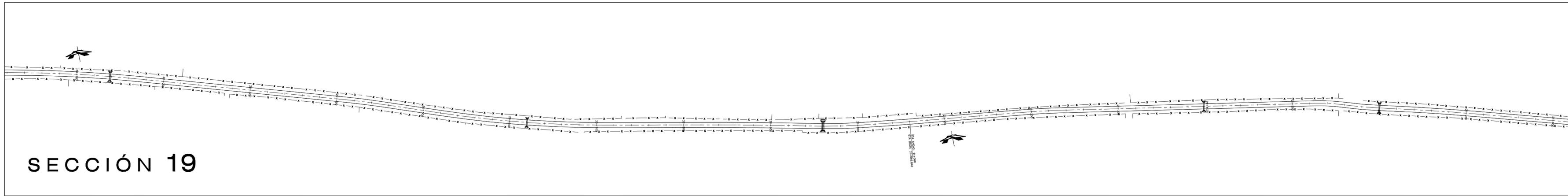
1:2,500

HOJA:

7 / 10

FECHA:

FEBRERO DE 2013





ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
Y SUS REPERCUSIONES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
CAÑO(AUSU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

8 / 10

FECHA:

FEBRERO DE 2013

## SECCIÓN 21

## SECCIÓN 22



ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
 CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
 VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
 Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
 CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
 SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
 BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
 ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
 MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
 CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
 CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

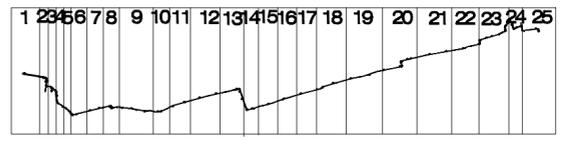
1:2,500

HOJA:

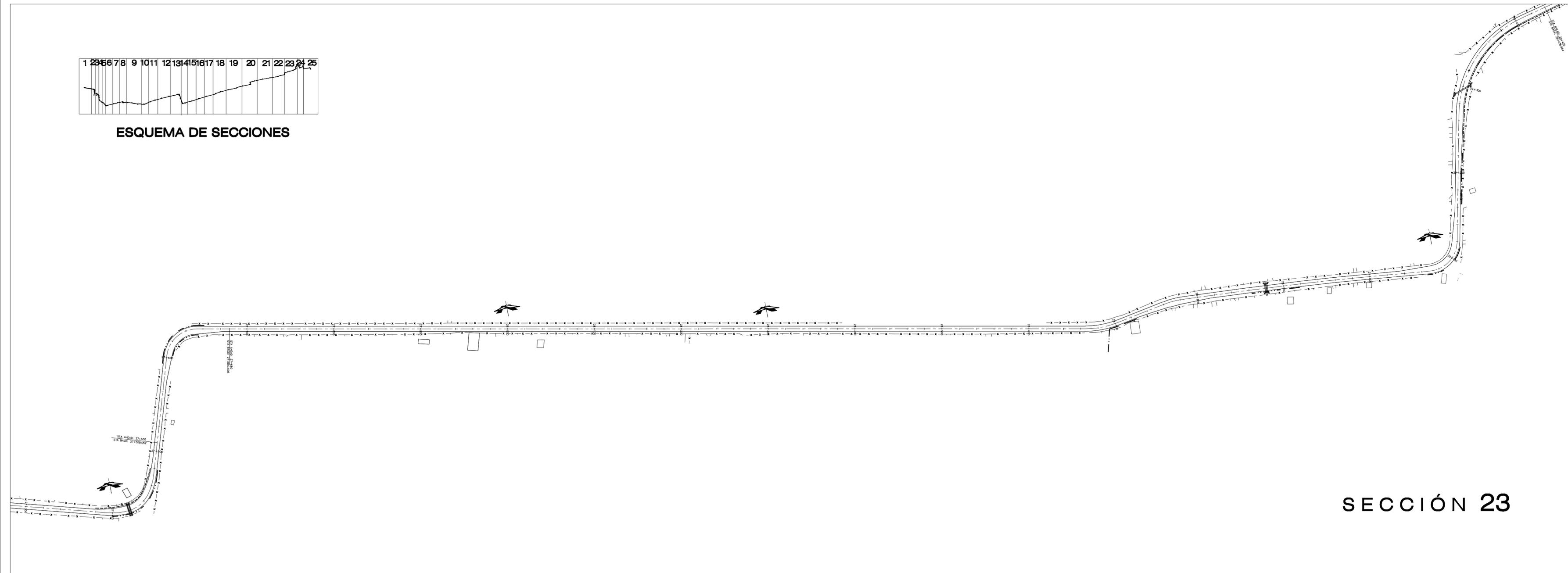
9 / 10

FECHA:

FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES





ANÁLISIS DE TERMINOS DE REFERENCIA DE  
 CONCURSOS DE DISEÑO DE PROYECTOS  
 VIALES DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO  
 Y SUS REPERCUSSIONES EN LA  
 CONSTRUCCIÓN EN BASE A EXPERIENCIAS  
 SALVADOREÑAS.

PRESENTA:

BR. SONIA EUNICE CAMPOS PORTILLO  
 BR. TANIA ALEXANDRA MALTEZ MIRA

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. JOSÉ GERARDO RIVAS DURÁN  
 ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO  
 MsC. RAMON FRITZ ALVARADO GLOWER

CONTENIDO DEL PLANO:

DISEÑO FINAL DEL MEJORAMIENTO DEL  
 CAMINO RURAL USU27E, ENTRE CANTON LA  
 CANOA(USU08S)-CORRAL DE MULAS\*

ESCALA:

1:2,500

HOJA:

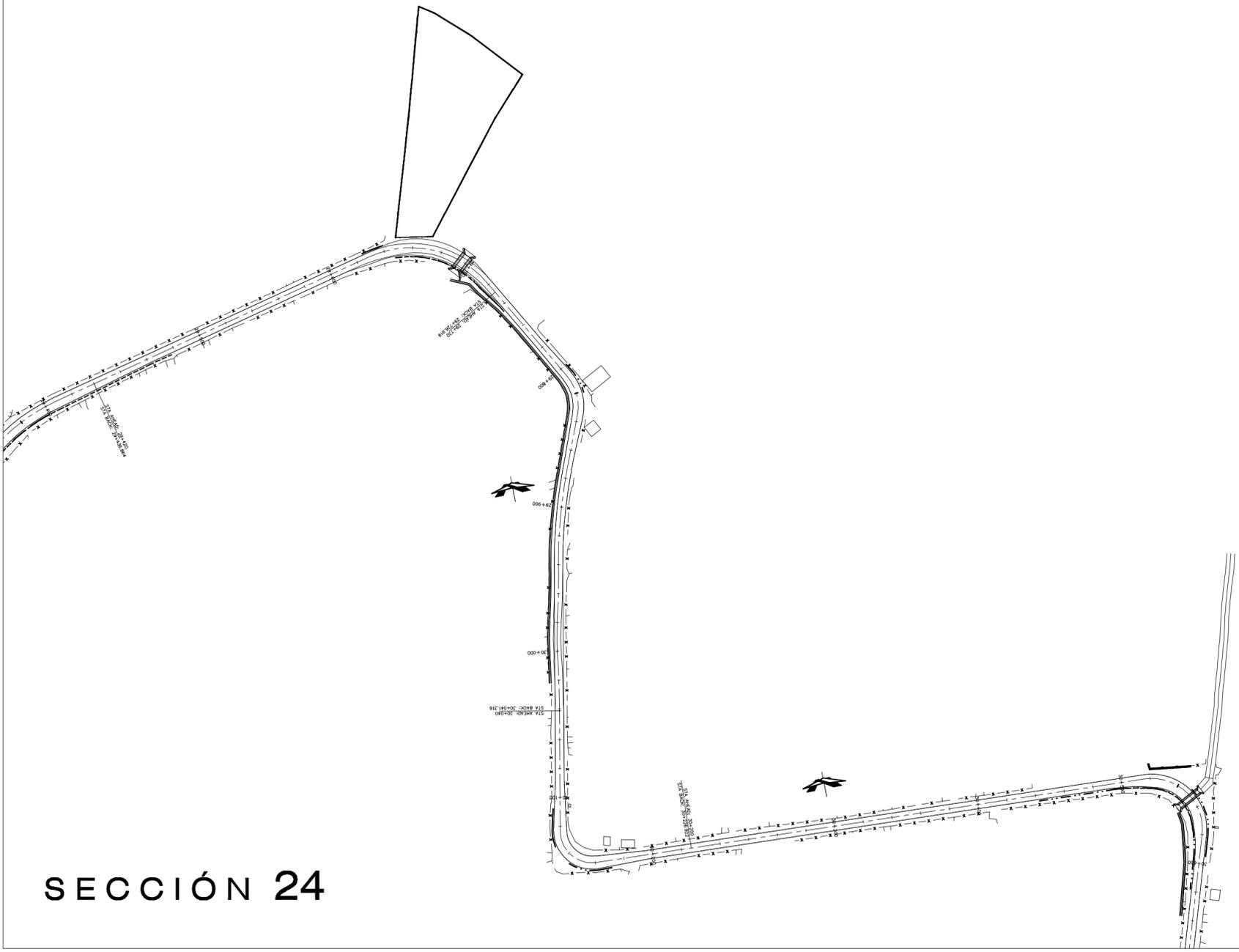
10 / 10

FECHA:

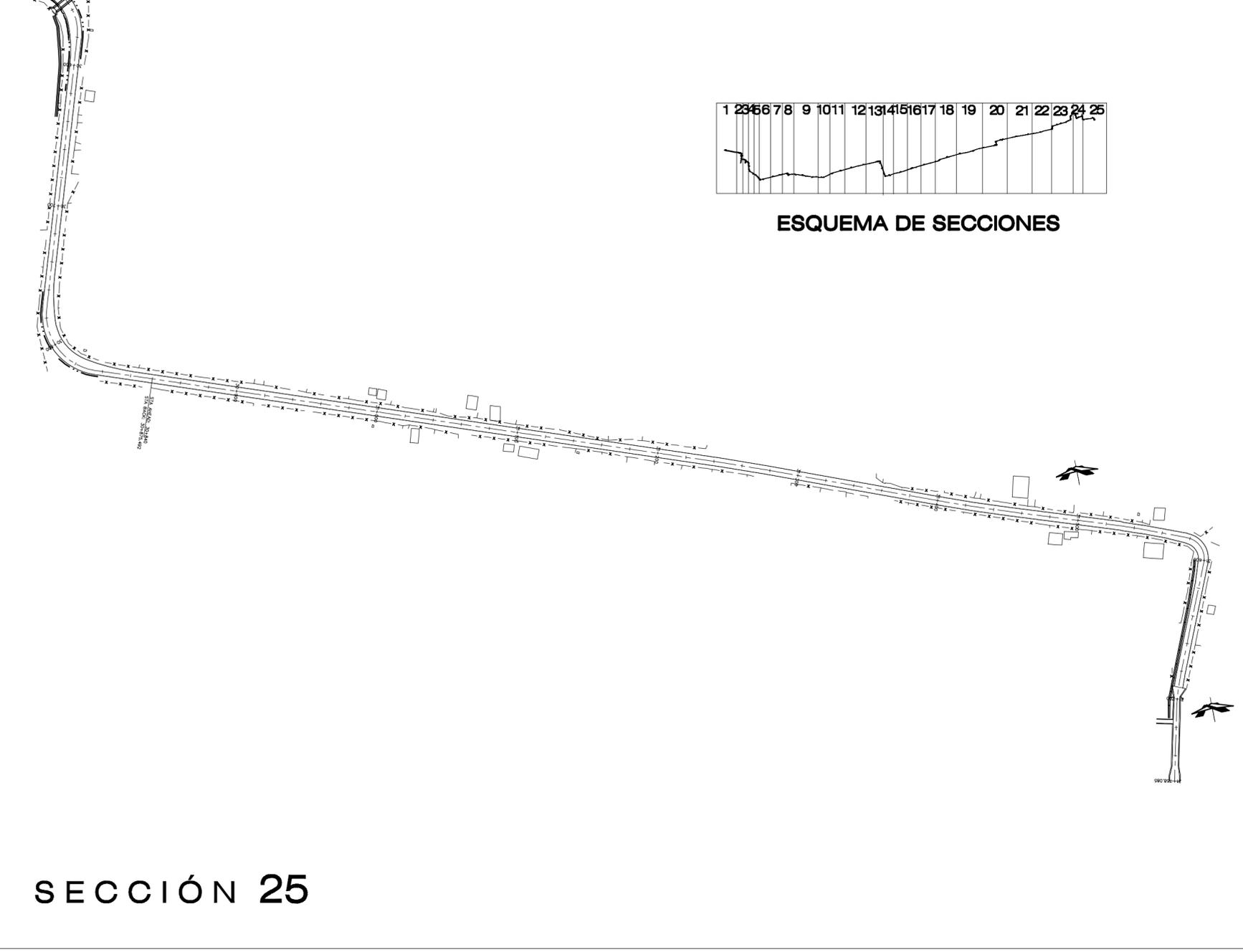
FEBRERO DE 2013



ESQUEMA DE SECCIONES



SECCIÓN 24



SECCIÓN 25