



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS ALTERNATIVAS DE
PAVIMENTO CONCRETO HIDRÁULICO Y ASFALTO PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA,
ENTRE LOS MUNICIPIOS CRUCERO Y VILLA CARLOS FONSECA”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Bosco David López.

Br. Norvin David Ney Abarca.

Br. Víctor Enrique Flores Zamora.

Tutor

Ing. Iván Antonio Matus Lazo.

Managua, Mayo de 2021

Dedicatoria y Agradecimientos

Dedico mi esfuerzo y su recompensa a Dios porque sabe muy bien los obstáculos que hemos tenido en nuestro país desde 2018 hasta la fecha y nos ha guiado a nosotros por un buen camino y llenos de salud.

A nuestros padres que siempre nos apoyaron en todo momento desde que comenzamos a desarrollar este proyecto y en nuestros estudios universitarios.

Agradecemos a nuestro tutor Ing. Iván Matus, por habernos apoyado en todas sus asesorías.

Agradecemos al MTI y personal interno por asesorarnos en todo lo que necesitáramos.

A nuestra Alma mater y casa de estudios, y docentes que nos apoyaron en nuestras materias y asesoramiento, que sin ella no seríamos quienes somos hoy en día.

A todos aquellos que confiaron y creyeron en nosotros, sin importar el tiempo y el momento para culminar con nuestra monografía.

Bosco, Norvin y Victor

RESUMEN

El proyecto lo constituye un tramo de camino de ancho variable de aproximadamente 12.059 kilómetros de longitud, emplazado en un terreno con topografía montañosa y ondulada, clasificado como camino vecinal que discurre fundamentalmente sobre parte aguas con alineamiento horizontal sinuoso y pendientes que alcanzan hasta 18%.

La superficie de rodamiento la conforma una capa pobre de balasto que necesita de constante mantenimiento para mantenerse en buen estado de servicio, existiendo sectores donde se observa el suelo en estado natural. El sistema de drenaje existente es completamente deficiente, con pocas obras de drenaje a lo largo del camino.

En términos generales el proyecto consiste en los estudios técnico económico, estudios y diseños de 2 tipos de pavimento rígido y flexible, en base a información recolectada de la obra en diseño, topografía, estudios de suelos recopilados, drenaje, estudios de tránsito, etc. La elaboración de las tablas de presupuesto y espesores de las capas para ambos diseños de pavimento rígido y flexible respecto de sus costos directos.

El fin del diseño de esta nueva ruta, deberá agilizar el tráfico que viaja del occidente hacia la frontera sur y viceversa en esa zona del país, con el mejor diseño de espesor de pavimento técnica y económicamente más viable. para esta vía de 12.059km, enfocado principalmente el tráfico pesado como un breve resumen.

Abreviaturas y siglas utilizadas

AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials

MTI : Ministerio de Transporte e Infraestructura

EMC : Estación de mayor cobertura.

NIC – 2: Codificación de las carreteras para la carretera Vieja a León (Red vial de Nicaragua 2012).

ASTM: American Society for Testing Materials

SIECA : Secretaría de Integración Económica Centroamericana

TPDA : Tránsito Promedio Diario Anual

NIC – 12 : Codificación de las carreteras para la carretera Managua – El Crucero (Red vial de Nicaragua 2012)

HCM o HCM 2000 : Acrónimo de Highway capacity manual 2000.

VLPH: Vehículos livianos por carril por hora.

NS: Nivel de servicio.

FHP: Factor hora pico.

FFS: Free- Flow speed , velocidad flujo libre. (km/h)

BFFS: Base free-flow speed, velocidad base de flujo libre. (km/h)

ET: Equivalent for truck, acrónimo para carga de camiones, es un factor de ajuste

ER: Equivalent for recretive, acrónimo para carga de vehículo recreativo, factor de ajuste.

PCA: Portland Cement Association

TNM = tamaño nominal máximo (mm)

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I – GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II – DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES.....	6
2.1. Estudio geotécnico y geológico.....	6
2.1.1. Geología del camino.....	6
2.1.2. Banco de materiales.....	7
2.1.3. Resistencia del suelo.....	7
2.1.4. Compactación de los suelos.....	7
2.2. Diseños de pavimentos.....	8
2.2.1. Clasificación del pavimento rígido	8
2.2.2. Determinación de espesores de pavimento	9
2.2.3. Superficie de rodadura (pavimento rígido).	9
2.2.4. Base	9

2.2.5. Subrasante	10
2.3. Diseño de mezclas de concreto hidráulico.....	10
2.3.1. Elección de las características de la mezcla	10
2.3.2. Dosificación, mezclado y manejo del concreto.....	10
2.3.3. Agregado fino	11
2.3.4. Agregado grueso.....	11
2.3.5. Contenido de material cementante.....	11
2.4. Diseño geométrico de carreteras	12
2.4.1. Tránsito promedio diario anual.	12
2.4.2. Geometría de vías utilizados en Nicaragua.....	12
CAPITULO III – METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	13
3.1. Estudios de campo	13
3.2. Volumen y clasificación vehicular	13
3.3. Procedimiento de Campo.....	14
3.4. Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA	14
3.4.1. Tránsito Promedio Diario.....	14
3.4.2. Expansión a Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	15
3.4.3. Encuestas de Origen – Destino.....	15
3.4.4. Proyección de Tráfico.....	16
3.4.5. Asignación del Tráfico	16

3.4.5.1.	Tráfico Normal.....	17
3.4.5.2.	Tráfico Desviado	17
3.4.5.3.	Tráfico Desarrollado	17
3.4.5.4.	Tráfico Generado	18
3.4.6.	Estudio de velocidades y tiempos de recorrido	18
3.4.7.	Cálculo de la capacidad y niveles de servicios.....	19
3.4.7.1.	Cálculo de carreteras de dos carriles	20
3.4.7.2.	Capacidad.....	20
3.4.7.3.	Niveles de servicio	21
3.4.8.	Segmentos de dos vías	22
3.4.8.1.	Determinar velocidad Flujo Libre.....	23
3.4.8.2.	Medición del campo	23
3.4.8.3.	Estimación de los FFS	25
3.4.8.4.	Determinación de la Demanda de Flujo	27
3.4.8.5.	Factor de Hora Pico- FHP	28
3.4.8.6.	Factor de Ajuste de Pendiente	28
3.4.8.7.	Ajuste para vehículos pesados	29
3.4.8.8.	Factor de ajuste para vehículo pesado.	31
3.4.8.9.	Cálculos iterativos	31
3.4.8.10.	Determinación de velocidad promedio de viaje.	31

3.4.9. Determinación del Nivel de servicio (NS)	34
3.4.10. Resumen del Estudio de Niveles de servicios.....	35
CAPITULO IV - ESTUDIO DE SUELOS	37
4.1. Situación actual.....	37
4.2. De los bancos de préstamo	37
4.3. De los trabajos del laboratorio de suelos y materiales.....	39
4.3.1. Sondeos de línea.....	39
4.4. Bancos de préstamo	40
4.4.1. Ensayos de suelos de línea.....	40
4.4.2. Ensayos de bancos de materiales.....	41
4.5. Análisis de resultados de los ensayos	42
4.5.1. Características de los suelos de la línea	42
4.6. En bancos de materiales.....	43
4.6.1. Resultados de los ensayos de los bancos.....	43
CAPÍTULO V - MÉTODOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO	45
5.1. Aspectos generales del tráfico vehicular a utilizar	46
5.2. Estimación de las cargas de diseño (W_{t18})	46
5.3. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)	46
5.4. Resumen de ESAL por periodo	47

5.5. Procedimiento de cálculo para el diseño de los espesores de pavimento para cada método y cada periodo de diseño de la estructura del pavimento	47
5.5.1. Método de diseño AASHTO	48
5.5.1.1. Ecuación de diseño	48
5.5.1.2. Determinación del Número Estructural (SN)	51
5.5.1.3. Valores requeridos del Número Estructural (SN) sobre la subrasante	53
5.6. Alternativas propuestas.....	53
CAPITULO VI - ESPECIFICACIONES TECNICAS.	54
6.1. De la subrasante.....	54
6.2. De la subbase	55
6.3. De la base.....	55
6.4. De la mezcla asfáltica.	55
6.5. Control de calidad	56
CAPITULO VII - DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO (CONCRETO HIDRAULICO).....	5
7	
7.1. Método AASHTO 1998	58
7.1.1. Alcance.....	58
7.1.2. Estimación de las cargas de diseño	58
7.1.3. Propiedades climáticas para pavimento rígido.	62

7.1.4.	Coeficiente de drenaje para pavimento rígido (Cd)	64
7.1.5.	Características estructurales para pavimento rígido.....	66
7.1.5.1.	Factor de fricción de la base triturada estabilizada con cemento	66
7.1.5.2.	Transferencia de carga	67
7.1.5.3.	Módulo de ruptura del concreto.....	68
7.1.5.4.	Módulo de elasticidad del concreto, (Ec).....	68
7.1.5.5.	Módulo de elasticidad de material granular estabilizado con cemento, (e).....	69
7.1.5.6.	Coeficiente poisson para concreto	70
7.1.6.	Diseño de pavimento rígido.....	71
7.1.7.	Calidad del concreto para la losa del pavimento y de la base.....	73
7.1.8.	Espesores recomendados	74
7.1.9.	Consideraciones adicionales.....	74
7.1.9.1.	Modulación de las losas.....	74
7.1.9.2.	Confinamiento lateral (pines).	75
7.1.9.3.	Curado.	76
CAPITULO VIII - DISEÑO PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA.....		77
8.1.	Método AASHTO 1993	77
8.2.	Drenaje menor	80
CAPITULO IX - COSTOS Y PRESUPUESTO		Error! Bookmark not defined.

9.1. Costos directos.....	89
9.1.1. Materiales de construcción.....	90
9.1.2. Factores de sobrecostos.....	90
9.2. Costos indirectos.....	92
9.3. Informe de mantenimiento.....	92
9.4. Dos alternativas de solución.....	94
9.5. Periodo de Diseño 20 años.....	94
9.6. Selección de la mejor alternativa.....	96
9.7. Presupuesto Base del Tramo: EL Boquete- Santa Ana.....	96
9.8. Costo de Supervisión.....	98
9.9. Conclusiones.....	98
9.10 Recomendaciones.....	100

INDICE DE TABLAS

Tabla #1. Geometría de las vías con pavimento rígido en Nicaragua. Fuente: SIECA.....	Error! Bookmark not defined.
Tabla #2 y #3. Criterios para carreteras de dos carriles, clase I y II. Fuente: HCM - 2000, Tabla 20 – 2 y 20 – 4.....	22
Tabla #4. Ajustes para ancho de carril y ancho de hombros. Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 5.....	27
Tabla #5. Ajustes de densidad de puntos de acceso. Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 6.....	27
Tabla #6. Ajuste por pendiente. Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 7.....	28
Tabla #7. Factor de ajuste f_g . Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 8.....	28
Tabla #8 y #9 Pasajeros equivalentes para camiones. Fuente: HCM - 2000, Tabla 20 – 9 y 20 - 10.....	30
Tabla #10. Ajuste f_{np} . Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 11.....	33
Tabla #11. Ajuste (f_d/n_p) para efecto combinado de distribución. Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 12.....	33
Tabla #12. Ajuste (f_d/n_p) para efecto combinado de distribución. Fuente: HCM - 2000, Tabla 20 – 12.....	47
Tabla #13 Valores de confiabilidad y factores de seguridad.	50
Tabla #14. Resultados obtenidos del análisis. Fuente: Propia	51
Tabla #15. Resultados obtenidos del análisis. Fuente: Propia	53

Tabla #16 Requisitos de calidad de las mezclas asfálticas	Error! Bookmark not defined.
Tabla #17 Esales por periodo.....	59
Tabla #18. Valores de Confiabilidad recomendados por la AASHTO.....	59
Tabla #19. Valores del Material de Fundación	Error! Bookmark not defined.
Tabla #20. Estudio geológico.	63
Tabla #21 (Tabla 14 AASHTO98) Módulo de elasticidad y coeficiente de fricción para diferentes tipos de bases.....	67
Tabla #22 Resumen de variables utilizadas para pavimento rígido.....	71
Tabla #23. Espesores de pavimento Alternativa de concreto.	Error! Bookmark not defined.
Tabla #24. Dimensiones de la losa.....	Error! Bookmark not defined.
Tabla #25. Resumen de los resultados	79
Tabla #26. costos y eficiencia de tuberías de drenaje menor.....	81
Tabla #27. Periodo de retorno para obras de drenaje.	Error! Bookmark not defined.
Tabla #28. Precios unitarios de algunos materiales	83
Tabla #29. Estimación de presupuesto para costos directos de concreto Hidráulico.....	84

Tabla #30. Estimación de presupuesto para costos directos de concreto Asfáltico.....	85
Tabla #31. Diseño elegido para el espesor de pavimento rígido (concreto hidráulico).....	100

INDICE DE ILUSTRACIONES

ilustración #1. Metodología para carreteras de 2 carriles, fuente: Gráfico N.º 20 - 1. (HCM2000)	20
ilustración #2 SN 20 años.....	52
ilustración #3 SN 15 años.....	52
ilustración #4 SN 10 años.....	52
ilustración #5 Relación aproximada de rango de valores entre el valor del CBR y el valor de k	61
ilustración #6 ajuste a K para y/o capa rígida	Error! Bookmark not defined.
ilustración #7. Coeficientes de drenaje, Cd, recomendados para pavimentos rígidos.....	Error! Bookmark not defined.
Ilustraciones #8 - 9 -10. Cálculo de espesores en pavimento rígido, para 10, 15 y 20 años mediante la utilización de la AASHTO Supplement Worksheet.	Error! Bookmark not defined.
Ilustración #11. Relación Largo–Ancho de losa.....	75
Ilustración #12. SN para pavimento Flexible 20 años.....	78
Ilustración #13. SN para pavimento Flexible 15 años.....	78

Ilustración #14. SN para pavimento flexible 10 años.....	79
--	----

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación #1. Ecuación de velocidad de flujo libre. Error! Bookmark not defined.	
Ecuación #2. Ecuación de factor de ajuste de vehículo de carga pesada.....	24
Ecuación #3. Ecuación para estimar el flujo de velocidad libre (20 – 2 HCM2000).....	25
Ecuación #4. Velocidad de flujo..... Error! Bookmark not defined.	
Ecuación #5. Factor de ajuste para vehículo pesado (HCM2000 20 – 4).....	31
Ecuación #6. Velocidad promedio de viaje (HCM2000, 20 – 5).....	32
Ecuación #7. porcentaje en tiempo-gastado para ambas combinaciones de viaje(HCM2000, 20 – 7).....	33
Ecuación #8. Tiempo de retardo (HCM2000, 20 – 6).....	33
Ecuación #9 Ecuación de diseño de la AASHTO-93 en pavimentos flexibles. Error! Bookmark not defined.	
Ecuación #10 Espesores.....	53
Ecuación #11. Módulo de Elasticidad de base estabilizada con cemento.....	69

INDICE DE ANEXOS

Anexo I. Mapa de macro localización y micro localización	i
Anexo II. Micro localización del proyecto.....	ii
Anexo III. Geología del sitio y alrededores.	iii
Anexo IV. Bancos de materiales existentes.....	v
Anexo V. Mapa de uso potencial del suelo y recursos naturales.....	vii
Anexo VI. Tabla de estaciones pluviométricas de Ineter.	vii
Anexo VII. Mapa de zonificación sísmica de Nicaragua 2012.	xi
Anexo VIII. Mapa de relieve.....	xii
Anexo IX. Fotografías del camino El boquete – Santana.	xiii
Anexo X. Sección típica de carretera	xv
Anexo XI. Ensayos de suelos representativos.....	xvi
Anexo XII. Resumen de conteos para cálculos TPDA en las 3 estaciones.	xxiv
Anexo XIII. Simulación de Niveles de servicio para las dos alternativas para el primero y último año de operación.	xxiv

Anexo XIV. Lista de precios de materiales adicionales	xxiv
Anexo XV. Estimación de presupuesto de mantenimiento sin proyecto	xxix
Anexo XVI. Trabajos administrativos, tiempo ocioso y reinstalación de tuberías de agua potable.....	xxx
Anexo XVII. Renta del equipo propuesto.....	xxxi
Anexo XVIII. Salarios de operadores, oficiales y ayudantes.....	xxxii
Anexo XIX. Resumen de los costos para las dos alternativas.....	xxxiii
Anexo XX. Sección transversal de una vía.....	xxxiv
Anexo XXI. Gráfico N.º 20 - 1. (HCM2000), metodología para capacidades y niveles de servicio para vías de 2 carriles.	xxxv

CAPITULO I: GENERALIDADES

CAPITULO I – GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo monográfico tiene como propósito determinar el diseño más óptimo y factible para la construcción del tramo de carretera **El Boquete - Santa Ana**; donde se presentan dos alternativas: el primer considerando un diseño con pavimentos rígidos (concreto) y la segunda con pavimento flexibles (asfalto), esto conlleva realizar una propuesta técnica-económica que garantice el adecuado comportamiento bajo las diferentes condiciones. El tramo Boquete - Santa Ana tiene una longitud de 12.059 km, actualmente es una vía en estado natural con un mantenimiento anual de conformación, clasificado como camino estratégico vecinal de un carril que conecta dos vías principales Managua - El crucero y Nejapa - Izapa de la red vial del país.

Esta nueva vía alterna se localiza entre los municipios El Crucero en el departamento de Managua, iniciando en el poblado conocido como El Boquete aproximadamente con rumbo noroeste y finaliza en el poblado conocido como Santa Ana, de la carretera vieja a León y es un camino que corresponde a la red vial básica.

En su zona de influencia se encuentran las siguientes comunidades: El Crucero, Las Nubes, Juan José Quezada, Monte Fresco, El Cañón, San José de la Cañada, Micro Región Este de Villa Carlos Fonseca y finaliza en la comunidad de Santa Ana. El tramo de camino está en una zona altamente productiva de ganado y granos básicos, destacándose el café cuyas áreas de cultivos se extienden sobre los márgenes en todo el trazo del camino existente.

Algunos puntos clave para el diseño de las estructuras de pavimentos es de acorde a algunos factores como seguridad al tráfico, disponibilidad de los materiales, buen estado de módulos de equipos y maquinaria para la construcción del proyecto de carretera.

Para realizar el diseño se utilizaron los criterios y recomendaciones planteadas por las normas: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000), Manual centroamericano para el diseño de pavimento (SIECA) y la Highway Capacity Manual 2000 (HCM2000).

La estimación del costo y presupuesto considerando ambas alternativas fue analizado con los precios actuales del mercado de los materiales que están incorporados en la obra, maquinaria de construcción y mano de obra; costos directos, costos indirectos por instalaciones provisionales, traslado de máquinas de construcción, seguros, impuestos, fianzas, administración central, accesos a los bancos de préstamo.

El análisis para seleccionar la alternativa de estructura de pavimento más conveniente de acuerdo a criterios técnicos y económicos es para la construcción de carretera que garantice un período de diseño para 20 años de durabilidad con un mantenimiento de acuerdo al crecimiento del tránsito futuro.

1.2. ANTECEDENTES

El camino se caracterizó por ser un camino de todo tiempo, siendo un camino en deterioro, con problemas en su superficie de rodamiento, problemas para la evacuación de las aguas debido a la falta de drenaje longitudinal y transversal, pérdida de material y cárcavas. Esto reduce notablemente su capacidad y nivel de servicio. Actualmente el camino El Boquete-Santa Ana, se encuentra en un estado muy crítico. Está clasificado como Camino Estratégico Vecinal de un carril, su superficie es de grava y terreno montañoso, con un ancho entre 3 a 4 metros, que se mantiene a lo largo del camino, con un angosto derecho de vía, al existir a ambos lados hondonadas. El camino se presentó en pésimas condiciones lo cual elevó los costos de transportación de los productos propios de la zona, así como el desarrollo mismo de la población de las áreas de influencia, al no existir una carretera acondicionada que permita con mayor facilidad la integración con el resto de departamento y el país.

En los últimos años el país de Nicaragua ha ido desarrollando de forma significativa la construcción de carreteras aplicando nuevas tecnologías y métodos constructivos, a tal grado que se ha ubicado como “el país que tiene las carreteras de mejor calidad de Centroamérica” además de clasificar como el número cinco de los países de América Latina que tiene las mejores carreteras, fortalecimiento así el turismo, e incrementando la importancia del tránsito del comercio nacional e internacional.

Para el año 2017, Nicaragua pasó a tener una red vial de 24,335 kilómetros, según datos oficiales de los cuales 4,513 kilómetros son calles pavimentadas; 2,480 con asfalto; 1,436 con adoquines y 198 kilómetros con concreto hidráulico; 6,716 kilómetros de camino de todo tiempo revestidos con materiales granulares y 8,992 kilómetros de caminos de verano.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La construcción del tramo de carretera mejorará la infraestructura vial del camino existente la cual tendrá un impacto socioeconómico en la población aledaña, porque esta construcción está orientada en pro del mejoramiento del tráfico de los camiones de carga puesto que funcionará como vía alterna para evitar problemas de volumen de tránsito que día a día va en aumento.

El diseño está enfocado en acortar la distancia entre estas dos comunidades y atraer el tránsito de los camiones pesados que circulan en esta ruta.

Durante los últimos años el tráfico de carretera ha sufrido un alto incremento, razón por la cual los gobiernos se han visto en la obligación de la modernización de las redes de carretera y esto es debido a dos factores fundamentales siendo uno de ellos el mayor número de vehículos de diferentes dimensiones y pesos, y el incremento de la velocidad comercial.

El tramo propuesto para la construcción de carretera del camino El Boquete – Santa Ana, con longitudes de 12.059 km, clasificado como camino estratégico vecinal de dos carriles conectara dos vías principales, Managua – El Crucero y Nejapa – Izapa.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar las dos alternativas de diseño (asfalto y concreto hidráulico) de acuerdo a una comparativa de costos y presupuestos basándose en un diseño ya establecido para la construcción de la carretera Boquete - Santa Ana con longitud de 12.059 km. entre los Municipios Crucero y Villa Carlos Fonseca el cual permita adoptar la opción más viable para su construcción.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar las diferentes capas, asfalto y concreto para determinar la opción más conveniente ajustadas a las condiciones de un diseño ya establecido del proyecto de carretera del Boquete - Santa Ana, con longitud de 12.059.km.
- Evaluar las dos opciones de pavimento desde el punto de vista técnico-económico y dar a conocer el más viable en cuanto a sus diferentes características.
- Seleccionar el tipo de pavimento de acuerdo con el presupuesto y desarrollo técnico a la construcción de la obra como una propuesta de construcción en cuanto a calidad y conveniencia en costos y estructura.
- Definir la durabilidad y viabilidad del proyecto en base a la decisión tomada al momento de elegir cuál de las dos opciones es la más conveniente para esta obra civil.

CAPITULO II: DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES

CAPÍTULO II – DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES.

2.1. Estudio geotécnico y geológico

Consiste en conocer la secuencia estratigráfica y las características geotécnicas principales de los materiales que conforman la estructura actual del camino. Así como la disponibilidad de fuentes de materiales para el diseño y construcción de una estructura de pavimento o carretera que permita promover e incrementar el desarrollo económico, agrícola y agropecuario de la zona de influencia de dicho camino.

2.1.1. Geología del camino

Es la identificación de los puntos vulnerables ante fenómenos por procesos geológicos o reconocimiento de eventos mediante indicadores físicos en el sitio, por rasgos y métodos geomorfológicos y consultas con pobladores de las comarcas o comunidades de la zona.

Nicaragua se ubica en el centro del istmo Centroamericano. Según Hodgson (1983) se divide en cinco provincias geológicas, denominadas así: planicie costera del pacífico, depresión de Nicaragua, zona central, región del norte y planicie costera del atlántico. Siendo la más antigua la región del norte, constituida por rocas metamórficas del paleozoico – mesozoico (Nystrom et. al., 1987, en Johansson 1998).

El tramo en estudio se localiza en el borde del escarpe Mateare y sobre la formación, las Sierras constituida por una secuencia de depósitos piroclásticos, separados por paleosuelos, de poco a relativamente consolidados y de gran

espesor. En el sitio afloran tefra Masaya, tefra Xiloá y tefra Apoyeque superior a la que subyacen las tobas formadas por depósitos de explosiones más antiguas.

2.1.2. Banco de materiales

Consiste en la localización de fuentes de materiales como: suelos, cemento, grava, etc. que puedan ser usados durante la construcción de la nueva carretera en proyecto, de acuerdo a las características geotécnicas generales del material existente, localizado para explotación de terracería y subrasante.

2.1.3. Resistencia del suelo

Es la capacidad de soportar cargas axiales y cortantes para permitir su uso adecuado en obras civiles, esta resistencia ha de ser mejorada artificialmente mediante la compactación y uso de material selecto para obtener los mejores resultados de diseño, esta resistencia varía en dependencia a los tipos de suelos, esta se mide mediante diferentes ensayos de laboratorio tomando en conclusión la cantidad necesaria de material y maquinaria a necesitar en un diseño geométrico de carreteras.

2.1.4. Compactación de los suelos

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los mismos. Este proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios.

2.2. Diseños de pavimentos

El pavimento es una estructura formada por varias capas de materiales de características diferentes cuyo propósito es soportar el tráfico vehicular de una manera segura, durante su vida útil

Los pavimentos varían, generalmente se clasifican como rígidos y flexibles, a la vez tienen subgrupos.

Está compuesto por diferentes capas de material granular esto de acuerdo al diseño o consideraciones del encargado de la obra en base a los estudios analíticos, las cuales van mejorando en forma ascendente o de colocación, así tenemos capa subbase, capa de base y superficie o capa de rodadura.

2.2.1. Clasificación del pavimento rígido

- Pavimento rígido sin refuerzo

Consiste en concreto hidráulico simple, no posee armadura en losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño entre 2.5 y 4.5 m. las juntas pueden no tener dispositivos de transferencias de cargas dovelas. (SIECA, 2002).

- Pavimento rígido con refuerzo

Consiste en losas de concreto con espaciamientos mayores entre juntas de (6 a 36 metros) y llevan armadura distribuida en la losa para efectos de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción. (SIECA, 2002).

2.2.2. Determinación de espesores de pavimento

Es el análisis de los factores primarios que determinan las distintas variables del entorno de la obra, y de las alternativas propuestas, tales como: tráfico, subrasante, CBR, temperatura del aire, drenaje, factores de correlación, etc. Se efectúa un análisis del espesor en base a las normas AASHTO y la HCM2000. Este análisis da por resultado una evaluación de alternativas basada en factores recopilados del proyecto, el cual nos facilita la comparativa técnica – económica de las propuestas que más adelante detallaremos.

2.2.3. Superficie de rodadura (pavimento rígido).

Consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase la losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de ruedas, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub- rasante. (Fonseca, 1998).

2.2.4. Base

Es una capa de muy alta estabilidad y densidad. Su principal propósito es el de distribuir los esfuerzos, creados por las cargas rodantes que actúan sobre la superficie de rodamiento para que los esfuerzos transmitidos a la subrasante no sean tan grandes que den por resultado una excesiva deformación o desplazamiento de la capa de cimentación (Fonseca, 1998)

2.2.5. Subrasante

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. Su función es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte del suelo (CBR). (Rondón, 2015).

2.3. Diseño de mezclas de concreto hidráulico

La mezcla de concreto debe diseñarse de acuerdo con la subsección 901 de las especificaciones generales de la AASHTO 1993. La mezcla diseñada deberá cumplir con todos los parámetros de dicha norma.

2.3.1. Elección de las características de la mezcla

Antes que se pueda determinar las proporciones de la mezcla, se seleccionan sus características considerándose el uso que se propone dar al concreto, las condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos, las propiedades físicas del concreto (Association, 2002 Portland Cement Association).

2.3.2. Dosificación, mezclado y manejo del concreto

Las especificaciones normalmente requieren que los materiales se midan para revolturas individuales con la siguiente precisión: material cementante $\pm 1\%$, agregados $\pm 2\%$, agua $\pm 1\%$ y aditivos $\pm 3\%$. (Association, 2002 Portland Cement Association).

2.3.3. Agregado fino

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M-6, agregado fino para concreto de cemento portland. El módulo de finura (MF) debe estar comprendido entre 2.3 y 3.1. El material que pasa la malla de 0.075 mm (AASHTO T 11) debe ser de 3% como máximo.

El equivalente de arena (AASHTO T 175) deberá ser mínimo de 75%. La sanidad (después de 5 ciclos) debe arrojar un porcentaje de pérdida de 10% máximo, cuando se usa sulfato de sodio (SO_4Na_2) y de 15% máximo cuando se usa sulfato de magnesio (SO_4Mg). (Association, 2002 Portland Cement Association).

2.3.4. Agregado grueso

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M 80, la que indica que el agregado grueso para concreto de cemento portland para la elaboración del concreto se recomienda que entre más grande sea el agregado grueso mejor, el concreto será más económico y menos susceptibles a los cambios volumétricos, la AASHTO M43 propone la malla No. 57 y la No. 67 sin embargo esto también se podría evaluar a través de una curva granulométrica. (Association, 2002 Portland Cement Association)

2.3.5. Contenido de material cementante

La temperatura de la mezcla durante la colocación es tal, que, conjugada con las condiciones climáticas, no favorece el agrietamiento ni reduce la resistencia del concreto endurecido. La tasa de evaporación del concreto debe ser menor a 1 Kg/m²/h.

2.4. Diseño geométrico de carreteras

El diseño geométrico de carreteras es la técnica de la ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno.

2.4.1. Tránsito promedio diario anual.

La unidad general de medida del tránsito sobre una carretera es el volumen del tránsito promedio diario anual (TPDA). El TPDA se define como el volumen total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese período de tiempo. (SIECA).

2.4.2. Geometría de vías utilizados en Nicaragua

En Nicaragua el Ministerio de Transporte e Infraestructura, regula las normas en materia de infraestructura vial, cumpliendo con las especificaciones técnicas y normas de diseño, establecidas para nuestra región (SIECA, 2002).

Tabla #1. Geometría de las vías con pavimento rígido en Nicaragua.

Característica	Rango
Ancho de corona	7.6-10.9 m
Ancho de calzada	6.7-8.4 m
Derecho de vía	29.3-40 m
Bombeo	2-3 %
Velocidad de diseño	30-90 km/h
Pendiente máxima	3-8 %
Pendiente ponderada	0.5-5.4 %
Carga de Puente	HS-20-44+25%

Fuente: SIECA

CAPITULO III: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO.

CAPITULO III – METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO.

3.1. Estudios de campo

En esta metodología, se detalla los procedimientos a emplearse en los estudios de campo, los que incluyen conteos volumétricos de tráfico y su clasificación, censos de origen-destino, mediciones de velocidades y tiempos de recorridos.

3.2. Volumen y clasificación vehicular

Para recolectar los datos de campo del conteo vehicular, se situaron dos estaciones de conteo con adecuada visibilidad y que no estaba en pendiente ni en curva, y con suficiente ancho de hombros, de manera que permita captar el tráfico en ambos sentidos del camino donde se realicen los aforos de conteo y clasificación vehicular.

De conformidad con los términos de referencia de los estudios, se realizó siete días de conteo y clasificación vehicular, en tres estaciones localizadas una de ellas sobre el camino en estudio, y dos sobre las carreteras NIC – 12 y NIC – 2, que son las intersecciones de inicio y fin del camino a estudiar. La estación N.º 1 se localizó sobre la carretera NIC – 12, en el tramo entre la entrada a Planetarium y el Km. 12+500; la estación N.º 2 se ubicó en la entrada de El Boquete, sobre la carretera NIC - 2 y la estación N.º 3, se situó en la intersección del Camino El Boquete – Santa Ana y el camino hacia la comarca Las Jagüitas, los conteos se realizaron durante siete días continuos durante 12.0 horas entre las 06:00 horas y las 18:00 horas, de lunes a domingo.

La localización de los puntos de aforos, se escogieron con la finalidad de obtener el tránsito eminentemente rural del camino y los tránsitos atraídos por el camino desde las dos carreteras principales con las que interseca el camino a estudiar.

3.3. Procedimiento de Campo

En las tres estaciones se realizarán conteos y clasificación del 100% del flujo vehicular, durante los siete días por sentido.

3.4. Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA

El procedimiento para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual se describe a continuación.

3.4.1. Tránsito Promedio Diario

De la información de campo se obtienen los volúmenes de tráfico existente en los tramos del camino donde se realice el conteo por día y clasificados por tipo de vehículo.

Los volúmenes de tráfico diario de doce horas se expandieron a tráfico de 24 horas, para lo cual se utilizaron los Factores de Expansión Horarios por tipo de vehículo (FEH), correspondiente a días laborales (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes), y fin de semana (sábado y domingo), correspondientes al segundo cuatrimestre de las estaciones EMC N.º 200 y EMC N.º 1802 del anuario 2013. Estos factores se usaron para expandir los conteos con duración de 12 horas a volumen de 24 horas; al multiplicar el volumen horario del período de conteo por el FEH para esa hora.

3.4.2. Expansión a Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Debido a que la investigación de campo se realizó durante siete días, se hizo uso de los factores semana y fin de semana de las estaciones de EMC N.º 200 y N.º 1802 equivalentes a uno, así como el factor de expansión a TPDA de las Estaciones de Mayor Cobertura (EMC) de Conteos Volumétricos de Tránsito N.º 200 y N.º 1802, del Sistema de Administración de Pavimento (PMS) del MTI, localizada en el tramo de Camino NIC – 2, en el tramo: El INCAE – El Crucero, a la altura del kilómetro 20+000 y Camino NIC. – 18, en el tramo San Marcos – Masatepe en kilómetro 46+000.

3.4.3. Encuestas de Origen – Destino

El objetivo de las estaciones de Origen – Destino, es el de estimar las cantidades de posibles usuarios de la red de caminos próximos al proyecto que podrán ser atraídos hacia el camino; para los cuales éste una vez mejorado les presentará una mejor alternativa de viaje en tiempo y distancia. Las encuestas se efectuaron en períodos de doce horas, de las 06:00 a las 18:00 horas durante siete (7.0) días continuos, en las estaciones N.º 1 y N.º 2.

El encuestador preguntó a los conductores durante los días de entrevistas en cada estación, el origen y destino de su viaje, el tipo de vehículo utilizado, la capacidad del vehículo en toneladas, la cantidad y tipo de carga transportados, condición de carga (vacío, semilleno, lleno), los propósitos de sus viajes (compras, trabajo, estudios, recreativos, salud, otros), se les preguntó también que si una vez mejorado el camino en estudio ellos harían uso de éste.

3.4.4. Proyección de Tráfico

La proyección del tráfico normal será realizada, mediante la correlación de las variables tráfico promedio diario anual TPDA de la EMC N.º 200, con las variables socioeconómicas producto Interno Bruto (PIB) y la población del municipio de Managua y El Crucero, así como con las variables, consumo de combustibles y el parque automotor. Para este fin, se hizo uso del modelo estadístico de regresión lineal de los mínimos cuadrados, donde la correlación entre las variables se comprobó mediante el grado de relación que define el índice de correlación R^2 , al cumplir la condición $R^2 \geq 0.75$, si se cumple esta condición; entonces se considera que existe correlación y con la generación de la ecuación de correlación, se utiliza el coeficiente de la ecuación de la recta $Y = ax + b$; donde “a” corresponde a la pendiente de la recta, que a su vez es la elasticidad de la demanda.

3.4.5. Asignación del Tráfico

Para la asignación de tráfico, se tendrán las matrices de origen - destino de los flujos asignados provenientes desde las carreteras NIC – 2 y NIC – 12, al camino y los ahorros de tiempos de viajes que les genere la circulación por esta alternativa de viaje, una vez el camino esté ya mejorado, tomando en consideración las posibles preferencias de los usuarios por esta nueva vía, para los viajes de naturaleza local y viajes con origen y/o destino a otros municipios y poblados del país.

Distribución del tráfico y definición de las rutas posibles entre pares de zonas y a la estimación del tráfico local.

3.4.5.1. Tráfico Normal

El tráfico normal o actual es el tráfico que se produce en la vía independiente de las condiciones existentes de geometría y estructurales. El efecto positivo del camino a partir del primer año de operación, serán visibles en el tráfico normal, y se irá incrementando conforme se vayan experimentando los beneficios de las nuevas facilidades de la vía una vez rehabilitada, principalmente en la comodidad del viaje, los ahorros de tiempos, en los costos de operación vehicular y la seguridad viaria, al circular por una vía más comfortable y de mejor superficie de rodamiento.

3.4.5.2. Tráfico Desviado

Este tráfico será cuantificado a partir de los resultados de las matrices origen – destino, por tipo de vehículo que se estructurarán con los resultados que se obtengan de la encuesta OD.

3.4.5.3. Tráfico Desarrollado

El tráfico desarrollado es el tráfico adicional que se producirá, por efecto de la introducción de nuevos procesos productivos, incremento de áreas y nuevas tecnologías que permita a los productores obtener incrementos de producción, lo que a su vez generaran mayor cantidad de viajes, así como otros tipos de viajes que se identifiquen durante las encuestas socioeconómicas dentro del área de influencia directa e indirecta del camino.

3.4.5.4. Tráfico Generado

El cálculo del tráfico generado, se cuantificará a partir de los ahorros de operación vehicular. La cuantificación de estos ahorros se realizó mediante la utilización del software VOC – HDM IV, versión 3.2 (ver enlaces de anexos).

El tráfico generado, es el tráfico que crecerá a partir del primer año de operación de la carretera como efectos de los ahorros de tiempo y de los costos de operación vehicular, por las mejoras en las condiciones de rodamiento y geometría del camino.

El tráfico generado, se calcula haciendo uso de la elasticidad de la demanda de transporte, pero al no contar con resultados de estudios de elasticidad de la demanda de transporte en Nicaragua; se optó por asumir un valor similar los rangos resultantes en los estudios plasmados en estudios relacionados con el tema. En el estudio se han empleado elasticidades de; 0.5 para vehículos livianos y de 0.25 para transporte de carga y de pasajeros. Esta elasticidad fue utilizada por los especialistas de la cuenta reto del Milenio en los proyectos de los tramos: La Paz Centro – Malpaisillo (S7) y Malpaisillo – Villa 15 de Julio (S8) realizados en el año 2008, y se aplica a aquellos vehículos que se movilizan cotidianamente a lo largo del camino y que por ahorros en los costos de operación vehicular y la reducción de los tiempos de viajes, se generarán una cantidad de viajes adicionales; que en la situación sin proyecto no se producen, debido a las condiciones físicas y geométricas del camino.

3.4.6. Estudio de velocidades y tiempos de recorrido

El estudio de velocidades se realizó en el camino, con los resultados se cuantificaron los tiempos de viajes de los usuarios en los tramos de camino; Santa Ana – kilómetro 9+500 – Carretera Panamericana Sur (km 10+000) – El Boquete,

con una longitud de 21.50 kilómetros, para compararlo con los que tendrán en el camino nuevo. Los resultados que serán utilizados para determinar los ahorros de tiempos de viajes de los usuarios; tiempo que se utilizarán en el modelo de asignación de tráfico para el proyecto, el cual con los resultados de las encuestas de origen-destino se determinarán la cantidad de vehículos que optarán por utilizar el Proyecto.

Para el estudio de velocidades se utilizó el método; del vehículo de persecución, que consiste en cronometrar el tiempo de recorrido de cada tipo de vehículo, liviano y los pesados de carga. Los encargados del estudio de campo realizarán mediciones del tiempo por persecución, el cual consistió en darle seguimiento al tipo de vehículo que se está muestreando, este último método se utilizó para todos los tipos de vehículos livianos y camiones.

Al finalizar cada viaje, se hizo el resumen del viaje, sumando el tiempo cronometrado de recorrido, aplicando la ecuación que se describe a continuación:

V_r : Velocidad de Recorrido (kph)

D : Distancia de Recorrido (Km.)

T_r : Tiempo de Recorrido (min)

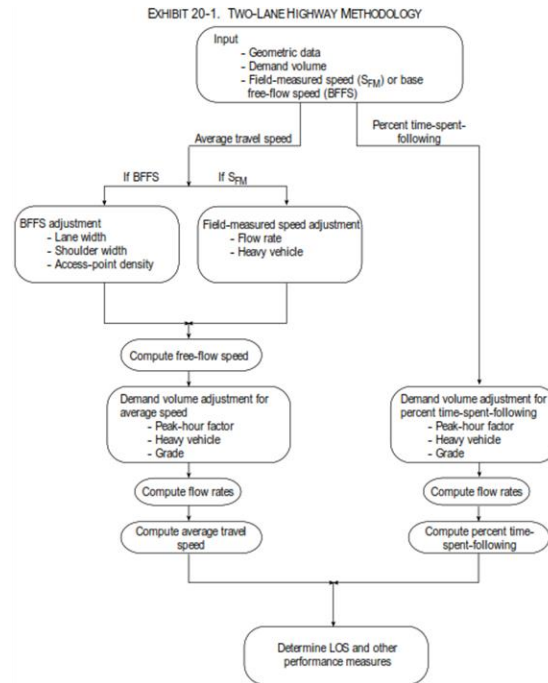
3.4.7. Cálculo de la capacidad y niveles de servicios.

La metodología a ser utilizada en el análisis de capacidad y nivel de servicio es, la descrita por el Manual de Capacidad de Vía HCM2000 de TRB en el capítulo No. 20 "Carreteras de dos Carriles".

3.4.7.1. Cálculo de carreteras de dos carriles

El procedimiento de cálculo de capacidades y niveles de servicio descrita acá

Ilustración #1. Metodología para carreteras de 2 carriles.



Fuente: Gráfico N.º 20 - 1. (HCM2000)

El siguiente análisis presenta las estimaciones de capacidad de las carreteras de dos carriles, define el Nivel de Servicio (NS), para carreteras de dos carriles, y documenta la metodología de funcionamiento y para las aplicaciones de planificación. La figura 1 resume la metodología básica para carreteras de dos carriles.

3.4.7.2. Capacidad

La capacidad de una carretera de dos carriles es 1700 vph (vehículos livianos por carril por hora), por sentido del flujo. La capacidad es casi independiente de la distribución direccional de tráfico en la vía, excepto que, durante períodos prolongados de carretera de dos carriles, la capacidad no superará los 3.200 vph, para ambos sentidos de viajes combinados. Por tramos cortos de carretera de dos

carriles (túneles o puentes), una capacidad de 3200 a 3400 vlph para ambos sentidos. Fuente: Manual Sieca 2011 (Capítulo 2.5 capacidad de carreteras)

3.4.7.3. Niveles de servicio

La definición de nivel de servicio de carreteras de dos carriles, como porcentaje del tiempo gastado, y promedio de viaje velocidad, es definido en el Capítulo 12 "Conceptos Highway (HCM2000)". Las medidas de servicio para carreteras de dos carriles", en las carreteras de la clase I, la movilidad eficiente es primordial y el NS se define en términos de velocidad de viaje promedio en el tiempo gastado.

En las carreteras clase II, la movilidad es menos crítica, y el NS se define sólo en términos de porcentaje, sin tener en cuenta la velocidad de desplazamiento promedio. Los conductores tolerarán niveles más altos de porcentaje de tiempo gastado de una facilidad de clase II, que en una instalación Clase I, ya que las instalaciones de Clase II por lo general sirven viajes más cortos y diferentes propósitos de viaje. Para las definiciones de las carreteras categorías I y II. Los criterios de NS para carreteras de dos carriles de las carreteras clases I y II se presentan en las tablas 2 y 3.

La tabla 2 refleja los valores máximos de porcentaje de tiempo gastado la velocidad de viaje promedio para cada uno de los NS para las carreteras de Clase I. Un segmento de un Carretera Clase I debe cumplir con los criterios para ambos; el porcentaje de tiempo pasado y la velocidad de viaje promedio mostrados, se clasificarán en cualquier NS. La tabla 3 ilustra los criterios de NS para carreteras de clase II.

Tabla #2 y #3. Criterios para carreteras de dos carriles, clase I y II.

EXHIBIT 20-2. LOS CRITERIA FOR TWO-LANE HIGHWAYS IN CLASS I		
LOS	Percent Time-Spent-Following	Average Travel Speed (km/h)
A	≤ 35	> 90
B	> 35–50	> 80–90
C	> 50–65	> 70–80
D	> 65–80	> 60–70
E	> 80	≤ 60

Note:
LOS F applies whenever the flow rate exceeds the segment capacity.

EXHIBIT 20-4. LOS CRITERIA FOR TWO-LANE HIGHWAYS IN CLASS II	
LOS	Percent Time-Spent-Following
A	≤ 40
B	> 40–55
C	> 55–70
D	> 70–85
E	> 85

Note:
LOS F applies whenever the flow rate exceeds the segment capacity.

Fuente: HCM - 2000, Tabla 20 – 2 y 20 – 4.

3.4.8. Segmentos de dos vías

La metodología de segmentos bidireccional calcula las medidas de las operaciones de tráfico a lo largo de una sección de la carretera, en función del terreno, diseño geométrico, y las condiciones del tráfico. El terreno es clasificado de conformidad con su topografía, de la forma siguiente. El terreno montañoso se aborda en el análisis operativo de las actualizaciones y degradaciones específicas, se presenta a continuación. Esta metodología se aplica típicamente a las secciones de autopista de al menos 3,0 km. Los datos de tráfico necesarios para aplicar la metodología del segmento de dos vías incluyen la doble vía volumen por hora, un factor de hora pico (FHP), y la distribución direccional de flujo de tráfico. El FHP se puede calcular a partir de datos de campo, o los valores predeterminados adecuados pueden seleccionarse a partir de los valores

tabulados presentados en el capítulo 12. Los datos de tráfico también incluyen la proporción de camiones y vehículos recreativos (RV) en el flujo de tráfico. El análisis de segmentos largos de dos vías para una carretera de dos carriles se aplica los pasos, se describe en las siguientes secciones.

3.4.8.1. Determinar velocidad Flujo Libre

Se produce la velocidad de flujo libre, en los flujos bidireccionales de 200 vph, un elemento clave en la evaluación del NS de una carretera de dos carriles, es determinar la Velocidad de flujo libre (FFS). El FFS se mide utilizando la velocidad media del tráfico en condiciones de baja condiciones de flujo (hasta los flujos bidireccionales de 200 vph). Si se deben hacer las mediciones de campo con tasas de flujo de dos vías de más de 200 vph.

Este ajuste de volumen se discute a continuación. Dos métodos generales pueden utilizarse para determinar el FFS para una carretera de dos carriles: el campo valoración y estimación con las directrices establecidas en el capítulo N.º 20 del HCM - 2000. El procedimiento de ayuda en la recopilación de estos datos directamente o la incorporación de las mediciones en un programa de estudio de la velocidad.

3.4.8.2. Medición del campo

El FFS de una carretera se puede determinar directamente a partir de un estudio llevado a cabo en la velocidad de campo. No se hacen ajustes a los datos de campo medidos. El estudio de velocidad debe llevarse a cabo en un lugar representativo en el segmento de carretera que se está evaluando, cualquier técnica de medición de velocidad aceptable para otros tipos de tráfico Se puede usar en el estudio de velocidad en ingeniería.

La FFS se puede calcular sobre la base de los datos de campo, como se muestra en la Ecuación 20-1, del HCM -2000.

Ecuación #1. Ecuación de velocidad de flujo libre.

$$FFS = S_{FM} + 0.0125 \frac{V_f}{f_{HV}} \quad HMC (20 - 1).$$

Donde

FFS = Estimado de Velocidad de flujo libre (km/h)

S_{FM} = Velocidad del tráfico medida en el campo (km/h)

V_f = Flujo promedio de vehículos observado de datos obtenidos en campo (veh/h)

f_{HV} = Factor de ajuste de vehículo de carga pesada, mostrada en la ecuación (20 - 4)

Si la medición de campo de la carretera no es factible, los datos tomados en una instalación similar pueden ser utilizados.

Factor de ajuste de vehículo de carga pesada

Una vez que los valores para E_T y E_R hayan sido determinados, el factor de ajuste de vehículo de carga pesada es calculada utilizando la ecuación 20-4 de la HCM

Ecuación #2. Ecuación de factor de ajuste de vehículo de carga pesada.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (20 - 4)$$

Donde

P_T = Proporción de camiones en un flujo de tráfico, expresado en decimales

P_R = Proporción de RVs en el flujo de tráfico, expresado en decimales.

E_T = Vehículo liviano de pasajeros (no más de 9 personas),

E_R = Vehículo liviano de pasajeros, recreacionales vehículos de campaña, microbuses

Ambos E_T y E_R obtenidos de la tabla 20-9 de la HCM

3.4.8.3. Estimación de los FFS

Las FFS se pueden estimar indirectamente si no se dispone de datos sobre el terreno. Este es un mayor desafío en las carreteras de dos carriles que en otros tipos de instalaciones de flujo ininterrumpido, porque la FFS de una carretera de dos carriles pueden ir desde 70 hasta 110 km/ h. Para estimar la FFS, el analista debe caracterizar las condiciones de funcionamiento de la instalación en función de una base Velocidad de flujo libre (BFFS), que refleja el carácter de tráfico y la alineación de las instalaciones. Para el caso del camino en estudio, se hará uso de la velocidad de diseño que es igual a 30 kph, debido a que las mediciones de velocidad en el campo resultaron de un promedio de 26.0 kph.

Las estimaciones de BFFS pueden desarrollarse sobre la base de la velocidad, los datos y el conocimiento local de las condiciones de operación en instalaciones similares. La velocidad de diseño y límite de velocidad de la instalación se puede considerar en la determinación de los BFFS; Sin embargo, las velocidades de diseño y límites de velocidad para muchas instalaciones no se basan en las condiciones de funcionamiento. Una vez BFFS se estima, se pueden hacer ajustes para la influencia del ancho del carril, ancho de los hombros, y la densidad de punto de acceso. El FFS se estima utilizando la Ecuación 20-2, del HCM-2000.

Ecuación #3. Ecuación para estimar el flujo de velocidad libre (20 – 2 HCM2000)

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A \quad (20-2)$$

where

- FFS = estimated FFS (km/h);
- $BFFS$ = base FFS (km/h);
- f_{LS} = adjustment for lane width and shoulder width, from Exhibit 20-5; and
- f_A = adjustment for access points, from Exhibit 20-6.

El primer ajuste a los FFS estimados se refiere a los efectos de anchuras de carril y del hombro (tabla 3.).

La tabla 4 enumera los ajustes de densidad de punto de acceso. Los datos indican que cada punto de acceso por kilómetro disminuye la FFS estimados por alrededor de 0,4 kph, la densidad de punto de acceso se obtiene dividiendo el número total de intersecciones y vías de acceso en ambos lados del segmento de carretera por la longitud del segmento en kilómetros. Una intersección o camino de entrada sólo deben incluirse si influye en el flujo de tráfico, el punto de acceso desapercibido por el conductor o con poca actividad no deben ser incluidos. En este estudio se contabilizaron quince (15) puntos de accesos, de ellos resaltan diez de los caminos, cuyos destinos son las comunidades de Santa Lucía, Comarca 19 de Julio, Planetarium, Las Jagüitas, Santa María, LA Trinidad, Las Mercedes, Corinto, La Luz y El Abandono, los restantes cinco puntos corresponden a caminos hacia fincas cafetaleras.

Tabla #4. Ajustes para ancho de carril y ancho de hombros.

EXHIBIT 20-5. ADJUSTMENT (f_{LS}) FOR LANE WIDTH AND SHOULDER WIDTH				
Lane Width (m)	Reduction in FFS (km/h)			
	Shoulder Width (m)			
	$\geq 0.0 < 0.6$	$\geq 0.6 < 1.2$	$\geq 1.2 < 1.8$	≥ 1.8
2.7 < 3.0	10.3	7.7	5.6	3.5
$\geq 3.0 < 3.3$	8.5	5.9	3.8	1.7
$\geq 3.3 < 3.6$	7.5	4.9	2.8	0.7
≥ 3.6	6.8	4.2	2.1	0.0

Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 5.

Tabla #5. Ajustes de densidad de puntos de acceso.

EXHIBIT 20-6. ADJUSTMENT (f_A) FOR ACCESS-POINT DENSITY	
Access Points per km	Reduction in FFS (km/h)
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.0
≥ 24	16.0

Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 6.

3.4.8.4. Determinación de la Demanda de Flujo

Tres ajustes deben hacerse a los volúmenes de demanda horaria, ya sea basado en conteos de tráfico o las estimaciones, para llegar a la velocidad de flujo de coche de pasajeros equivalente utilizada en el análisis de NS. Estos ajustes son; el FHP, el factor de ajuste de pendiente, y el factor de ajuste de vehículo pesado. Estos ajustes se aplican de acuerdo con la ecuación 20-3 (HCM2000).

Ecuación #4. Velocidad de flujo

$$v_p = \frac{V}{PHF \cdot f_G \cdot f_{HV}} \quad (20-3)$$

where

- v_p = passenger-car equivalent flow rate for peak 15-min period (pc/h),
- V = demand volume for the full peak hour (veh/h),
- PHF = peak-hour factor,
- f_G = grade adjustment factor, and
- f_{HV} = heavy-vehicle adjustment factor.

3.4.8.5. Factor de Hora Pico- FHP

FHP, representa la variación en el flujo de tráfico dentro de una hora. Carretera de dos carriles. El análisis se basa en los volúmenes de demanda para un período de 15 min de pico en la hora pico. Para el análisis operativo, los volúmenes de demanda de hora completa, debe ser convertido a las tasas de flujo para el pico de 15 min, como se muestra en la ecuación 20-3. Para el caso de este estudio se hizo uso de los valores por defecto que proporciona el HCM – 2000, en el Capítulo N°12, página 12-10.

Según lo que tenemos claro, se toma 0.88 el factor hora pico rural y 0.92 para factor hora pico en áreas urbanas.

3.4.8.6. Factor de Ajuste de Pendiente

El factor de ajuste por efecto de pendientes, (F_G), representa el efecto del terreno sobre las velocidades de viaje y el porcentaje de tiempo gastado al reducirse la velocidad por efecto de la pendiente. Los valores del factor de ajuste por pendientes se presentan en la tabla 5, para calcular las velocidades de viaje promedio la tabla 6 presenta los factores de ajustamiento (f_G), a ser utilizados para estimar porcentaje del tiempo gastado.

Tabla #6. Ajuste por pendiente.

DIRECTIONAL SEGMENTS			
Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
		Level	Rolling
0-600	0-300	1.00	0.71
> 600-1200	> 300-600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 7.

Tabla #7. Factor de ajuste f_g .

EXHIBIT 20-8. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_g) TO DETERMINE PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS			
Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
		Level	Rolling
0-600	0-300	1.00	0.77
> 600-1200	> 300-600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 8.

3.4.8.7. Ajuste para vehículos pesados

La presencia de vehículos pesados en la corriente de tráfico disminuye el FFS debido a que, en la corriente del tránsito se consideran únicamente a los vehículos livianos. Por lo tanto, el volumen de tráfico se debe ajustar a un flujo equivalente expresado en vehículos de pasajeros por hora. Este ajuste se lleva a cabo mediante el uso del factor F_{HV} .

El ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente de tráfico se aplica a dos tipos de vehículos: camiones y vehículos recreativos. Los autobuses no

deben ser tratados como un tipo separado de vehículos pesados, pero se debe incluir con camiones. El factor de ajuste requiere dos pasos: En primer lugar, la equivalencia de carros de pasajeros, es expresado en factores para camiones (ET) y vehículos recreativos (ER) para las condiciones de operación prevalecientes. Entonces, para el uso de estos valores, un factor de ajuste debe ser calculado para corregir todos los vehículos pesados en el flujo de tráfico.

Los equivalentes de vehículos livianos para segmentos bidireccionales se determinan a partir de la tabla 8 para la estimación de velocidades la tabla 9 para estimar el porcentaje de tiempo gastado en persecución. El terreno de los segmentos de dos vías extendidos debe ser clasificado como a nivel u ondulado.

Tabla #8 y #9 Pasajeros equivalentes para camiones.

EXHIBIT 20-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND RVs TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS				
Vehicle Type	Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
			Level	Rolling
Trucks, E_T	0-600	0-300	1.7	2.5
	> 600-1,200	> 300-600	1.2	1.9
	> 1,200	> 600	1.1	1.5
RVs, E_R	0-600	0-300	1.0	1.1
	> 600-1,200	> 300-600	1.0	1.1
	> 1,200	> 600	1.0	1.1

EXHIBIT 20-10. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND RVs TO DETERMINE PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS				
Vehicle Type	Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
			Level	Rolling
Trucks, E_T	0-600	0-300	1.1	1.8
	> 600-1,200	> 300-600	1.1	1.5
	> 1,200	> 600	1.0	1.0
RVs, E_R	0-600	0-300	1.0	1.0
	> 600-1,200	> 300-600	1.0	1.0
	> 1,200	> 600	1.0	1.0

Fuente: HCM - 2000, Tabla 20 – 9 y 20 - 10.

3.4.8.8. Factor de ajuste para vehículo pesado.

Una vez que se han determinado los valores de ET y ER, el factor de ajuste para los vehículos pesados se calcula utilizando la ecuación 20-4.

Ecuación #5. Factor de ajuste para vehículo pesado (HCM2000 20 – 4)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T (E_T - 1) + P_R (E_R - 1)} \quad (20-4)$$

where

P_T = proportion of trucks in the traffic stream, expressed as a decimal;

P_R = proportion of RVs in the traffic stream, expressed as a decimal;

E_T = passenger-car equivalent for trucks, obtained from Exhibit 20-9 or Exhibit 20-10; and

E_R = passenger-car equivalent for RVs, obtained from Exhibit 20-9 or Exhibit 20-10.

3.4.8.9. Cálculos iterativos

Las tablas 5 al 8 presentan el factor de ajuste por pendiente (f_G), y vehículos livianos equivalentes, para los camiones (ET) y RVs (ER) y se expresan en vehículos de pasajeros por hora.

En primer lugar, se determina la tasa de flujo, en vehículos por hora, como V/FHP. En segundo lugar, se seleccionan los valores de FG, ET, y ER respectivo para determinar los factores a utilizar. A continuación, se determina la v_p de esos valores mediante las ecuaciones 20-3 y 20-4.

3.4.8.10. Determinación de velocidad promedio de viaje.

La velocidad promedio de viaje se estima a partir el FFS, la tasa de flujo de demanda, y un factor de ajuste para el porcentaje de zonas de prohibición de paso. La tasa de flujo de demanda de la estimación de la velocidad promedio de viaje se determina con la ecuación 20-3 utilizando el valor de F_{HV} , calculado con

los equivalentes de vehículos recreativos de la tabla 20-9. La Velocidad promedio de viaje es estimado entonces utilizando la ecuación 20-5.

Ecuación #6. Velocidad promedio de viaje (HCM2000, 20 – 5)

Determinar el porcentaje de tiempo de retardo.

$$ATS = FFS - 0.0125v_p - f_{np} \quad (20-5)$$

where

- ATS = average travel speed for both directions of travel combined (km/h),
- f_{np} = adjustment for percentage of no-passing zones (see Exhibit 20-11), and
- v_p = passenger-car equivalent flow rate for peak 15-min period (pc/h).

Se estima que el porcentaje tiempo de retardo es estimado a partir del caudal de la demanda, la distribución direccional de tráfico, y el porcentaje de zonas de rebase prohibido. La tasa de demanda de flujo (v_p), para estimar el porcentaje se determina el tiempo de retardo, con la ecuación siguientes 20-3, del HCM -2000, se utiliza el valor de F_{HV} , calculado los vehículos equivalentes de camiones y vehículos recreativos del cuadro 20-10, del HCM2000. Porcentualmente, se calcula entonces el tiempo de retardo utilizando la ecuación 20-6. Los valores adecuados de porcentaje en tiempo-gastado de base siguientes se pueden determinada a partir de la Ecuación 20-7.

Ecuación #7. porcentaje en tiempo-gastado para ambas combinaciones de viaje(HCM2000, 20 – 7)

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} \quad (20-6)$$

where

- $PTSF$ = percent-time-spent following,

Ecuación #8. Tiempo de retardo (HCM2000, 20 – 6)

$$BPTSF = 100 \left(1 - e^{-0.000879 v_p} \right) \quad (20-7)$$

- BPTSF* = base percent time-spent-following for both directions of travel combined (use Equation 20-7), and
f_{d/np} = adjustment for the combined effect of the directional distribution of traffic and of the percentage of no-passing zones on percent time-spent-following.

Un ajuste que representa el efecto combinado de la distribución direccional de tráfico y el porcentaje de zonas de prohibición de paso (*f_{d/np}*) se presenta en las tablas 10 y 11.

Tabla #10. Ajuste *f_{np}*.

EXHIBIT 20-11. ADJUSTMENT (*f_{np}*) FOR EFFECT OF NO-PASSING ZONES ON AVERAGE TRAVEL SPEED ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Demand Flow Rate, <i>v_p</i> (pc/h)	Reduction in Average Travel Speed (km/h)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1200	0.0	1.3	2.0	2.6	3.0	3.4
1400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	0.9	1.3	1.7	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.5	1.7
2400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
2600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 11.

Tabla #11. Ajuste (f_d/n_p) para efecto combinado de distribución.

EXHIBIT 20-12. ADJUSTMENT (f_{adj}) FOR COMBINED EFFECT OF DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF TRAFFIC AND PERCENTAGE OF NO-PASSING ZONES ON PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWD-WAY SEGMENTS

Two-Way Flow Rate, v_p (pc/h)	Increase in Percent Time-Spent-Following (%)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
Directional Split = 50/50						
≤ 200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
≥ 3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4
Directional Split = 60/40						
≤ 200	1.6	11.8	17.2	22.5	23.1	23.7
400	0.5	11.7	16.2	20.7	21.5	22.2
600	0.0	11.5	15.2	18.9	19.8	20.7
800	0.0	7.6	10.3	13.0	13.7	14.4
1400	0.0	3.7	5.4	7.1	7.6	8.1
2000	0.0	2.3	3.4	3.6	4.0	4.3
≥ 2600	0.0	0.9	1.4	1.9	2.1	2.2
Directional Split = 70/30						
≤ 200	2.8	13.4	19.1	24.8	25.2	25.5
400	1.1	12.5	17.3	22.0	22.6	23.2
600	0.0	11.6	15.4	19.1	20.0	20.9
800	0.0	7.7	10.5	13.3	14.0	14.6
1400	0.0	3.8	5.6	7.4	7.9	8.3
≥ 2000	0.0	1.4	4.9	3.5	3.9	4.2
Directional Split = 80/20						
≤ 200	5.1	17.5	24.3	31.0	31.3	31.6
400	2.5	15.8	21.5	27.1	27.6	28.0
600	0.0	14.0	18.6	23.2	23.9	24.5
800	0.0	9.3	12.7	16.0	16.5	17.0
1400	0.0	4.6	6.7	8.7	9.1	9.5
≥ 2000	0.0	2.4	3.4	4.5	4.7	4.9
Directional Split = 90/10						
≤ 200	5.6	21.6	29.4	37.2	37.4	37.6
400	2.4	19.0	25.6	32.2	32.5	32.8
600	0.0	16.3	21.8	27.2	27.6	28.0
800	0.0	10.9	14.8	18.6	19.0	19.4
≥ 1400	0.0	5.5	7.8	10.0	10.4	10.7

Fuente: HCM2000, Tabla 20 – 12.

3.4.9. Determinación del Nivel de servicio (NS)

El primer paso en la determinación de NS es comparar el flujo equivalente de coche de pasajeros (v_p) a la capacidad de dos vías de 3,200 vph. Si V_p es mayor que la capacidad, entonces la carretera es sobresaturada y en nivel de servicio NS es F.

De manera similar, si la tasa de flujo de demanda en cualquiera sentido de la marcha que viene determinada por la velocidad de flujo de dos vías y la dirección dividida es mayor que 1700 vph, entonces el camino está sobresaturado y el NS,

es F. En NS F, el porcentaje gastado en tiempo de seguimiento es casi 100 por ciento y las velocidades son muy variables y difíciles de estimar.

3.4.10. Resumen del Estudio de Niveles de servicios.

El TPDA Total del camino en el año 2019 será de 889.0 vpd., al final de la vida útil del camino (2037), los volúmenes de tránsito del tramo serán de 2,101 vpd, para las dos alternativas Concreto Asfáltico y para la alternativa de Concreto Hidráulico, en el 2019 será de 888 vpd y en el 2038 de 2099 vpd.

Como producto del desarrollo productivo de la zona de influencia del camino, el tránsito desarrollado, tendrá un crecimiento 5 camiones, de éstos serán; 3 C2 y 2 C2 Livianos por día, como producto de la producción desarrolla.

Para el año fin de proyecto (2038), el camino en estudio, tendrá un TPDA de 2,101 vpd, en la alternativa de concreto asfáltico y un nivel de servicio de NS=C para la sección de 11.20 m, y para la alternativa de concreto hidráulico con un TPDA de 2,099 vpd, un NS = C y una relación v/c =0.21; con holgura en su operación, sin problemas de saturación y una densidad de nivel medio de operación del tránsito para ambas alternativas, producto de las velocidades a desarrollar y a las pendientes del camino, sin alcanzar problemas de operación del tránsito en las horas de máxima demanda, debido a la sección transversal de la vía, la cual generará holgura, seguridad y confort para los consultores, pero con una sección de calzada acorde a las necesidades del camino. Véase anexo Anexo XIII donde se usó el software HCS-2000 para la Simulación de Niveles de servicio para las dos alternativas para el primero y último año de operación.

El Camión de mayor circulación por el camino serán los Camiones articulados del tipo T3S2 y T3S3, con porcentajes del 13.0 %, para la superficie de concreto asfáltico y concreto hidráulico.

El tránsito generado por las mejoras del camino, los ahorros de tiempos de viajes y costos de operación serán de 30 vpd en el año uno de operación y se incrementarán hasta 66 vpd, al finalizar la vida útil del proyecto, para la alternativa de concreto asfáltico y pa la alternativa de concreto hidráulico, será de 29 vpd en el año 2019 y de 63 vpd en el 2038.

El Transito desviado desde las carreteras NIC. – 2 y NIC. – 12, será de 731 vpd en el año 2019 y de 1,750 vpd en el año 2038.

CAPITULO IV - ESTUDIO DE SUELOS

CAPITULO IV - ESTUDIO DE SUELOS

4.1. Situación actual

El material existente del sitio es de regular a mala calidad. El estudio contempla conocer los espesores de esta capa, sus propiedades índices y mecánicas, como la de los suelos de subrasante.

El camino se caracteriza por ser un camino de todo tiempo, siendo actualmente un camino en deterioro, con problemas en su superficie de rodamiento, problemas para la evacuación de las aguas debido a la falta de drenaje longitudinal y transversal, pérdida de material y cárcavas. Esto reduce notablemente su capacidad y nivel de servicio. Actualmente el camino El Boquete-Santa Ana, se encuentra en un estado muy crítico. Está clasificado como camino estratégico vecinal de un carril, su superficie es de grava y terreno montañoso, con un ancho entre 3 a 4 metros, que se mantiene a lo largo del camino, con un angosto derecho de vía, al existir a ambos lados hondonadas. El camino está en pésimas condiciones lo cual ha elevado los costos de transportación de los productos propios de la zona, así como el desarrollo mismo de la población de las áreas de influencia, al no existir una carretera acondicionada que permita con mayor facilidad la integración con el resto de departamento y el país.

4.2. De los bancos de préstamo

Se localizaron 3 bancos en total, en cada uno de ellos se realizarán 3 sondeos a cielo abierto de 1.5 m. x 1.5 m. x 3.0 m por ser fuentes en explotación. El objetivo es de confirmar con mayor exactitud su uso potencial y la cantidad disponible a explotar.

Las muestras extraídas de los sondeos fueron trasladadas al laboratorio para la realización de los ensayos requeridos.

Los resultados de laboratorio comprenden la granulometría, plasticidad, clasificación AASHTO, Proctor, CBR, por las características de estos bancos no se realizaron pruebas de desgaste de los Ángeles e intemperismo acelerado.

En las tablas de informe de suelos en anexos XI, se aprecian los resultados de los ensayos de las fuentes o bancos de materiales existentes, localizados y muestreados en este estudio, se describen a continuación: Banco No. 1, ubicado en el sector del Crucero, dueño Juan Ramón Molina; Banco No. 2, ubicado en el sector Santa Ana, dueño Jorge Estrada; y Banco No. 3, ubicado en el sector Las Pilas, dueño David Rojas.

Los resultados de laboratorio comprenden la distribución de tamaños o granulometría del material, su plasticidad, clasificación AASHTO, Proctor y valor relativo soporte CBR. No se realizaron los ensayos de Desgaste de los Ángeles e Intemperismo Acelerado ya que los bancos de materiales tienen materiales selectos y no rocosos.

En general los bancos de materiales investigados poseen regular calidad para su uso en el proyecto determinando que estos materiales pueden ser usados como terracería y subrasante. Los materiales de los tres bancos de préstamo clasifican según el sistema AASHTO como: A-1-b (0). Las muestras ensayadas no presentan plasticidad.

Las muestras obtenidas se trasladaron al laboratorio para ensayarlas de acuerdo a las pruebas mostradas en las tablas del Anexo de suelos.

4.3. De los trabajos del laboratorio de suelos y materiales

4.3.1. Sondeos de línea.

Los trabajos geotécnicos de campo corresponden a la realización de sondeos manuales a lo largo del rodamiento del camino separado una distancia de 100 metros, alternadamente al centro, izquierda y derecha de la sección de la carretera. Igualmente, la toma de muestras de bancos de materiales, necesarios para la etapa de construcción del Proyecto.

Una vez tomadas las muestras de suelo de los sondeos de línea y de los bancos de materiales, éstas fueron trasladadas al Laboratorio central en donde se analizaron, ver anexo XI.

Para realizar el Estudio, se efectuaron un total de 90 sondeos manuales en la profundidad máxima de 1.5 m y 21 sondeos profundos SPT sobre la calzada del camino existente. La ejecución de los sondeos fue a cada cien metros, ubicados alternadamente al centro, izquierda y derecha de la sección de la carretera. Se tomaron al menos 3 sondeos ejemplares, ver anexo XI.

En el caso de los ensayos CBR (AASHTO T-193), previa clasificación de los suelos típicos, se realizaron con una frecuencia de 500 m.

El resumen de resultados de ensayos CBR de muestras de sondeos en línea se muestran en las tablas en anexo XI.

4.4. Bancos de préstamo

Los trabajos geotécnicos de campo corresponden a la realización de muestreos en bancos de materiales, necesarios para la etapa de construcción del Proyecto.

Una vez tomadas las muestras de los bancos de materiales, éstas fueron resguardadas y llevadas al Laboratorio en donde se analizaron de acuerdo con los métodos descritos.

4.4.1. Ensayos de suelos de línea

Se efectuaron un total de 90 sondeos manuales de línea y 21 sondeos profundos SPT a lo largo de la carretera, espaciados a cada 100 m de longitud, ubicados de acuerdo a la subrasante trazada. Los sondeos manuales fueron realizados hasta 1.5 m de profundidad máxima, obteniéndose 165 muestras de materiales y los sondeos profundos hasta un máximo de 10 m de profundidad obteniéndose 50 muestras de materiales encontrados que fueron clasificados en el campo de manera preliminar usando procedimientos rutinarios de vista y tacto.

Posteriormente se efectuó el análisis de laboratorio en los materiales representativos muestreados, para obtener su clasificación definitiva según la metodología ASSHTO M-145 y de esta manera definir el perfil estratigráfico a lo largo del camino.

De acuerdo a los sondeos manuales y profundos se confirma la presencia de materiales granulares en los primeros 3.5 Km y materiales finos limo arcillosos en el resto del camino.

4.4.2. Ensayos de bancos de materiales

En cuanto a los bancos de materiales se localizaron y analizaron un total de 3 fuentes o bancos existentes lo más cercano posible al camino. A cada una de estas fuentes se levantaron sus coordenadas geográficas, observación de sus características geotécnicas y análisis de laboratorio. Los resultados obtenidos de ejemplos se pueden ver en las tablas del Anexo

En general todas las fuentes de materiales están formadas por materiales finos cementantes (canteras) sin plasticidad. La clasificación AASHTO de los materiales de bancos es: A-1-b (0). La densidad seca máxima que se alcanza con estos materiales es por el orden de los 1474 Kg/m³ a 1592 Kg/m³ con humedad óptima entre 18.3% y 21.3%. La resistencia o valor relativo soporte (CBR) de estos materiales varía entre 30% y 40% al 90% de compactación, entre 56% y 60% al 95% de compactación, y entre 80% y 82% al 100% de compactación, todos de acuerdo con la metodología Proctor Modificado.

En estado natural y por sí solo, ninguno de los bancos de materiales investigados cumple con las características y propiedades para ser usados como capa de Base de Pavimento. Estado natural se refiere al material intemperizado tal y como actualmente se encuentra en la fuente o una parte de la misma, que es posible su explotación simple mediante retroexcavadora o cortes del tractor sin mayor dificultad y posterior uso directo en la obra.

De tal manera que para lograr el objetivo deseado se recomienda la adecuada planificación, organización y control de explotación de los bancos de materiales a fin de lograr su máximo aprovechamiento.

4.5. Análisis de resultados de los ensayos

4.5.1. Características de los suelos de la línea

En el Perfil Estratigráfico se aprecia que los materiales están presentes en capas desde una hasta tres, aunque en su mayoría se presentan dos capas. Los materiales encontrados en los primeros 3.5 Km y en sectores puntuales del resto del tramo son materiales gravo arenosos con finos limosos o arcillosos que clasifican según el sistema de la AASHTO como: A-1-a (0), A-1-b (0) y A-2-4 (0) principalmente y en menor presencia se clasifican como: A-2-5 (0), A-2-6 (0), A-2-7 (0-3). Estos materiales se encuentran a una profundidad variable desde 0 a 1.5 m explorados. A continuación del Km 3.5 hasta el final del tramo se encuentran capas de más de 1.5 m de espesor de suelos Limo Arcillosos que clasifican como A-4 (con Índice de Grupo variable: 0,1,2,4), A-5 (con Índice de Grupo variable: 0-10 y 12) y A-7-5 (con Índice de Grupo variable: 0-16 y 19).

Muchos de estos finos no poseen plasticidad y los que la presentan tienen límite líquido que alcanzan el 50% en promedio. En cuanto al Índice Plástico (IP) el promedio es de 9%, casi siempre son menor de 10% y en algunos casos mayor de 10% con un máximo valor de 27%, obviamente que estos son los mismos suelos que presentan el límite líquido alto.

Los materiales A-1-a (0) y A-1-b (0), tienen resistencia o valor relativo soporte (CBR) al 90% en promedio de 38% y 26% respectivamente, CBR al 95% en promedio de 45% y 37% respectivamente y CBR al 100% en promedio de 53% y 41% respectivamente. Los materiales A-2-4 (0) con CBR al 90% en promedio de 23%, CBR al 95% en promedio de 29% y CBR al 100% en promedio de 35%; A-2-5 (0) con CBR al 90% en promedio de 25%, CBR al 95% en promedio de 31% y CBR al 100% en promedio de 35%. Los materiales más finos que se encontraron tienen los siguientes valores Relativos Soporte: A-4 y A-5 tienen resistencia o valor relativo soporte (CBR) al 90% en promedio de 10% y 7% respectivamente, CBR

al 95% en promedio de 14% y 10% respectivamente y CBR al 100% en promedio de 18% y 14% respectivamente.

Para el conjunto general de gravas y arenas limo arcillosas descritos se lograron densidades secas máximas que varían desde 1117 Kg/m³ hasta los 1644 kg/m³ según la granulometría gruesa o fina del material, siendo su valor promedio por el orden de los 1441 Kg/m³. Para lograr dichas densidades se requieren contenidos promedio de humedad óptima del 24.5%, pero que puede variar desde 13.9% hasta 38.9% máximo.

Para el conjunto general de suelos finos limo arcilloso descritos se lograron densidades secas máximas que varían desde 1207 Kg/m³ hasta los 1412 kg/m³ según la granulometría gruesa o fina del material, siendo su valor promedio por el orden de los 1309 Kg/m³. Para lograr dichas densidades se requieren contenidos promedio de humedad óptima del 31.7%, pero que puede variar desde 26.3% hasta 41.5% máximo.

4.6. En bancos de materiales

4.6.1. Resultados de los ensayos de los bancos

En los anexos XI de ensayos del informe de suelos, se aprecian los resultados de los ensayos de las fuentes o bancos de materiales existentes, localizados y muestreados en este estudio, se describen a continuación: Banco No. 1, ubicado en el sector del Crucero, dueño Juan Ramón Molina; Banco No. 2, ubicado en el sector Santa Ana, dueño Jorge Estrada; y Banco No. 3, ubicado en el sector Las Pilas, dueño David Rojas.

Los resultados de laboratorio comprenden la distribución de tamaños o granulometría del material, su plasticidad, clasificación AASHTO, Proctor y valor relativo soporte CBR. No se realizaron los ensayos de desgaste de los ángeles e intemperismo acelerado ya que los bancos de materiales tienen materiales selectos y no rocosos.

En general los bancos de materiales investigados poseen regular calidad para su uso en el proyecto determinando que estos materiales pueden ser usados como terracería y subrasante. Los materiales de los tres bancos de préstamo clasifican según el sistema AASHTO como: A-1-b (0). Las muestras ensayadas no presentan plasticidad.

La densidad seca máxima que se alcanza con estos materiales es por el orden de los 1474 Kg/m³ a 1592 Kg/m³ con humedad óptima entre 18.3% y 21.3%. La resistencia o valor relativo soporte (CBR) de estos materiales varía entre 30% y 40% al 90% de compactación, entre 56% y 60% al 95% de compactación, y entre 80% y 82% al 100% de compactación, todos de acuerdo con la metodología Proctor Modificado.

CAPITULO V: MÉTODOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO

CAPÍTULO V - MÉTODOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO

El proceso de diseño de pavimentos aquí desarrollado tiene por objetivo evaluar las distintas alternativas disponibles en el medio nacional, y hacer las recomendaciones más adecuadas para el proyecto en estudio. La estrategia aplicada es una adaptación a las condiciones locales del procedimiento de diseño de pavimentos empleado por el departamento de transporte del estado de Washington. Este procedimiento es conforme a los lineamientos de la norma AASHTO "Guide for Design of Pavement Structures", edición 1993 y la guía edición 1998. Se incorporan además otros aspectos complementarios al cálculo, que definen de una manera más integral el problema, a fin de poder efectuar una recomendación válida y aceptable.

En resumen, el procedimiento comprende el análisis, primeramente, de los factores primarios que afectan la evaluación. Dicho análisis comprende el proceso de cálculo que determina una cuantificación de las distintas variables del entorno de la obra, y de las alternativas propuestas, tales como tráfico, subrasante, materiales, etc., y su posterior entrada al proceso de cálculo de espesores mediante el método de AASHTO. Subsecuentemente, se efectúa un análisis del costo de inversión del pavimento. Este análisis da por resultado una evaluación de alternativas basada en factores económicos.

Finalmente, se procede a analizar los elementos secundarios que pueden incidir de forma complementaria en la selección de la alternativa más favorable al proyecto. Entre estos elementos tenemos factores tales como seguridad al tráfico, disponibilidad de materiales y otros similares.

5.1. Aspectos generales del tráfico vehicular a utilizar

El tráfico a utilizar en la estimación de las cargas de diseño (ejes de daño) es el obtenido en el Estudio de Tráfico elaborado y propuesto de la investigación realizada en el año 2017 que se plantearía en el 2018.

5.2. Estimación de las cargas de diseño (Wt_{18})

Es el número de ejes equivalente de diseño, el cual es 8.2 ton o 80 KN
Las cargas de diseño serán determinadas en función de los resultados del “Estudio de Tráfico” sin incluir las motos, como parte de la información requerida para el Proyecto Integral de Apertura de esta carretera.

5.3. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

El número de vehículos sin incluir las motos conforme la etapa en que se estima se desarrollará el proceso de inversión del proyecto, para el tramo, por tipo, y para cada año del período de diseño incluido en el “Estudio de Tráfico” realizado por el Consultor, con el fin de discriminar más en detalle la composición del tránsito en cuanto a los tipos de camiones y de vehículos articulados. Esta discriminación es requerida para poder luego estimar de una manera más precisa los “efectos daño” de cada tipo de vehículo sobre el pavimento sin incluir las motos.

Las cargas equivalentes acumuladas para el período de diseño de 10,15 y 20 años son las siguientes:

En los cálculos de pavimentos se han empleado los siguientes valores:

- Factor de distribución por sentido (f_{ds}) = 0.61, obtenido del estudio de tráfico.
- Factor de utilización de canal (f_{uc}) = 1.0, ya que, por ser la vía de un solo canal por sentido, todos los vehículos que van en un sentido circulan obligatoriamente por ese único canal.

- Factor de tráfico balanceado = 1.0, este valor se asume en función de la recomendación del Método AASHTO-93, de que se empleen solo “valores promedios” y no “valores conservadores” para las diferentes variables independientes (Guía AASHTO-93, Capítulo II (Requisitos de Diseño), Aparte 2.1.3 (Confiabilidad), Página II-9).

Tasa de crecimiento inmersa en la vida útil, al acumular todos los tipos de vehículos que circularan en el periodo de la vida útil. Se suman todos los vehículos por tipo en los 20, 15 y 10 años.

La Guía de diseño AASHTO 1993, Tomo III, Capítulo 5, Sección 5.2.3 recomienda el uso del factor 1.5 para convertir ESAL FLEXIBLE a ESAL RIGIDO (factor de 0.67 para convertir ESAL RIGIDO a ESAL FLEXIBLE).

5.4. Resumen de ESAL por periodo

Tabla #12. Ajuste (f_d/n_p) para efecto combinado de distribución.

PERIODO (AÑOS)	ESALES	
	FLEXIBLES	RIGIDOS
10	1,978,519	2,967,778
15	3,350,256	5,025,384
20	5,066,638	7,599,958

Fuente: HCM - 2000, Tabla 20 – 12.

5.5. Procedimiento de cálculo para el diseño de los espesores de pavimento para cada método y cada periodo de diseño de la estructura del pavimento

En este capítulo se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología recomendada para el diseño estructural de los componentes del pavimento flexible para el método AASHTO el enfoque es en determinar el número estructural del pavimento flexible. Se desarrolla la

metodología de diseño de los dos métodos por cada periodo de análisis, esto es 10, 15 y 20 años, para las dos alternativas: pavimento rígido pavimento flexible.

5.5.1. Método de diseño AASHTO

El Método de Diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Administradores de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés), en su versión de 1993 y su suplemento de 1998 (ver Anexo AASHTO), y se emplea en forma complementaria la versión computarizada desarrollada por la American Concrete Pavement Association (APCA) en su programa Pavement Analysis Software (PASS), 1993 y hoja computarizada en excel para la solución de la aplicación del suplemento de 1998 (epígrafe 9.3).

5.5.1.1. Ecuación de diseño

La Ecuación de Diseño de la AASHTO-93 para pavimento flexible toma la expresión siguiente:

Ecuación #9 Ecuación de diseño de la AASHTO-93 en pavimentos flexibles.

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

en donde:

- **Variables independientes:**

W_{t18} = Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el período de diseño (n).

c = Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

S_o = Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (**p_o**) y su planitud al final del período de diseño (Servicapacidad Final (**p_t**)).

M_R = Módulo resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (**CBR**) de los materiales.

- **Variable dependiente:**

SN = Número estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

Confiabilidad en el diseño (**R**) y desviación estándar del sistema (**S_o**)

Una de las variables de mayor incidencia en los espesores de diseño se corresponde con el criterio de “confiabilidad”. La guía AASHTO-93 define la confiabilidad de un proceso de diseño-desempeño de un pavimento, como la probabilidad de que una sección de pavimento diseñada usando tal proceso, se desempeñará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y ambientales consideradas para el período de diseño.

Según la guía AASHTO-93 y el manual SIECA, el valor de la “desviación estándar del sistema (**S_o**)”, para pavimentos flexibles, oscila entre 0.40 y 0.50, para este proyecto utilizaremos 0.45. El efecto combinado de los términos (**Z_R**) y (**S_o**) resulta en la realidad, en la aplicación de un “factor de seguridad” en el diseño de pavimentos. Para un valor de (**S_o**) de 0.45, estos factores de seguridad serían:

Tabla #13 Valores de confiabilidad y factores de seguridad.

Valor de la confiabilidad	Z_R	S_o	Factor de seguridad
50	0.000	todos 0.45	1.00
60	- 0.253		1.30
70	- 0.524		1.72
75	- 0.674		2.01
85	- 1.037		2.93
95	- 1.645		5.50

Fuente: SIECA

Es nuestro criterio que, debido a la importancia de esta carretera, sea adoptado el valor de: Confiabilidad (R) = 90% para pavimento flexible.

- Variación permisible en la Servicapacidad (ΔPSI)

Los valores normalmente recomendados para esta variable, tanto por el Manual SIECA como por la AASHTO-93, como consecuencia de la Servicapacidad inicial (p_o) de 4.2 para pavimento flexible y (p_i) 4.5 para pavimento rígido. Para esta variable, y por las características de la vía en estudio la final (p_f) es de 2.50 en ambos tipos de pavimento, lo que resulta en una variación permisible en la Servicapacidad (ΔPSI) igual a 1.70 para pavimento flexible y 2.0 para pavimento rígido.

CBR de diseño y Módulos Resilientes

Tabla #14. Resultados obtenidos del análisis.

Capa	Material	CBR (%)	f'c (kg/cm ²)	Módulo de rotura MR (kg/cm ²)	a _i
Rodamiento	Concreto asfáltico en caliente				0.42
	Concreto hidráulico			48.00	
Base	Material granular estabilizada con cemento		21 a 30 mínimo		0.17
Sub base	Material granular remanente actual subyacente	15.48 mínimo			0.06
Subrasante		15.48			

Fuente: Propia

Espesores de la estructura de pavimento para cada alternativa.

Los valores de “Número Estructural (SN)” y la ecuación de diseño que permite obtener los espesores de capas en función de sus coeficientes relativos de capacidad estructural Obtenemos

5.5.1.2. Determinación del Número Estructural (SN)

La solución de la ecuación de diseño AASHTO-93, sustituyendo cada una de las diferentes variables independientes y aplicando el Programa “Pavement Analysis System (PAS)”, desarrollado por la Asociación Americana de Pavimentadores de Concreto (ACPA), permite definir los valores de SN sobre la subrasante, tal como se indica:

VIDA ÚTIL DE 20 AÑOS
Ilustración #2 SN 20 años

Flexible Design Inputs

Structural Number: 3.70

Design ESAL: 5,066,638

Reliability: 90.00

Overall Deviation: 0.45

Soil Resilient Mod.: 12,731.0 psi

Initial Serviceability, Po: 4.20

Terminal Serviceability, Pt: 2.50

Solve For: **Structural Number 3.70**

VIDA ÚTIL DE 15 AÑOS
Ilustración #3 SN 15 años

Flexible Design Inputs

Structural Number: 3.46

Design ESAL: 3,350,256

Reliability: 90.00

Overall Deviation: 0.45

Soil Resilient Mod.: 12,731.0 psi

Initial Serviceability, Po: 4.20

Terminal Serviceability, Pt: 2.50

Solve For: **Structural Number 3.46**

VIDA ÚTIL DE 10 AÑOS
Ilustración #4 SN 10 años

Flexible Design Inputs

Structural Number: 3.18

Design ESAL: 1,978,519

Reliability: 90.00

Overall Deviation: 0.45

Soil Resilient Mod.: 12,731.0 psi

Initial Serviceability, Po: 4.20

Terminal Serviceability, Pt: 2.50

Solve For: **Structural Number 3.18**

5.5.1.3. Valores requeridos del Número Estructural (SN) sobre la subrasante

Tabla #15. Resultados obtenidos del análisis.

Vida útil (años)	Cargas de diseño Pavimento Flexible W_{t18}	M_R subrasante (psi)	SN subrasante
10	1,978,519	12,731.00	3.18
15	3,350,256	12,731.00	3.46
20	5,066,638	12,731.00	3.70

Fuente: Propia

5.6. Alternativas propuestas

Se plantean las Alternativas de Diseño Estructural de pavimento siguiente:

- Estructura empleando capas asfálticas (MAC) para la capa de rodamiento, colocadas sobre una capa base de material triturado estabilizado con cemento hasta lograr la resistencia mínima a la compresión de 30 kg/ cm² y subbase de material granular, colocado sobre el actual rodamiento ajustado.
- Estructura empleando una capa de hormigón para la capa de rodamiento, colocadas sobre una capa base de material triturado estabilizado con cemento hasta lograr la resistencia mínima a la compresión de 21kg/ cm², la cual, a su vez, estará soportada por una capa de subbase conformada por el actual rodamiento ajustado.

Ecuación #10 Espesores

$$SN_c = a_1 \times h_1 + a_2 \times h_2 \times m_2 + a_3 \times h_3 \times m_3$$

CAPITULO VI: ESPECIFICACIONES TECNICAS.

CAPITULO VI - ESPECIFICACIONES TECNICAS.

Las especificaciones que regularán la ejecución del proyecto son las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC-2000 de la República de Nicaragua. Estas Especificaciones no son suministradas con este documento, pero podrán ser adquiridas en el Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua. Estas Especificaciones Generales (NIC-2000) contienen enmiendas que son válidas para este proyecto en particular y sólo afectan a los artículos y a las partes que se mencionan específicamente, los artículos no mencionados conservan su validez.

6.1. De la subrasante

Los materiales A-1-a (0) y A-1-b (0), tienen resistencia o valor relativo soporte (CBR) al 90% en promedio de 38% y 26% respectivamente, CBR al 95% en promedio de 45% y 37% respectivamente y CBR al 100% en promedio de 53% y 41% respectivamente. Los materiales A-2-4 (0) con CBR al 90% en promedio de 23%, CBR al 95% en promedio de 29% y CBR al 100% en promedio de 35%; A-2-5 (0) con CBR al 90% en promedio de 25%, CBR al 95% en promedio de 31% y CBR al 100% en promedio de 35%.

Los suelos Limo Arcillosos clasifican como A-4 (con Índice de Grupo variable: 0,1,2,4), A-5 (con Índice de Grupo variable: 0-10 y 12) y A-7-5 (con Índice de Grupo variable: 0-16 y 19).

Los materiales más finos que se encontraron tienen los siguientes valores Relativos Soporte: A-4 y A-5 tienen resistencia o valor relativo soporte (CBR) al 90% en promedio de 10% y 7% respectivamente, CBR al 95% en promedio de 14% y 10% respectivamente y CBR al 100% en promedio de 18% y 14% respectivamente.

Como material selecto (terraplenes) pueden utilizarse los bancos estudiados colocándose en capas de 20 cm compactadas al 100% del Proctor Estándar. Se recomienda eliminar tamaños mayores de 3" antes de conformar y compactar.

El diseño geométrico e hidro técnico deberá contemplar un sistema de drenaje que evite el estancamiento de aguas a lo largo de la vía a fin de disminuir los efectos que éstos pueden ocasionar en su estabilidad.

Los suelos de subrasante corresponden a materiales de baja a media capacidad de soporte.

6.2. De la subbase

Los resultados de los ensayos ejecutados sobre los materiales encontrados en los bancos, permiten concluir que no se encuentran materiales aptos para ser empleados como subbase granular.

6.3. De la base

La Base para las dos alternativas de Pavimento, se recomienda una mezcla de materiales granulares, hasta alcanzar un espesor total mínimo de 15 A 22 cm y debe ser estabilizada con la adición de cemento, en una cantidad tal que la mezcla estabilizada alcance una resistencia mínima a la compresión simple, después de 7 días de curado, de 21kg/cm², para pavimento rígido y pavimento flexible de 30 kg/cm².

6.4. De la mezcla asfáltica.

Para la capa asfáltica debe emplearse mezcla de concreto asfáltico densamente gradadas, mezcladas en planta en caliente de las características determinadas de acuerdo al Ensayo Marshall (AASHTO T-245) y que se indican a continuación:

Tabla #16. Requisitos de calidad de las mezclas asfálticas

Capa	Granulometría Tipo	Estabilidad (lbs)	Flujo (0.01 pulg)	Vacíos totales (%)	VAM (%)	Vacíos llenados (VFA), (%)
Rodamiento	TNM 12	> 1.800	8 – 14	3 – 5	> 13	65 - 75

Fuente: Propia TNM = tamaño nominal máximo (mm)

6.5. Control de calidad

El Control de calidad de la construcción de la estructura de pavimento se regirá por el cumplimiento de las especificaciones técnicas que forman parte del estudio que elabora el CONSULTOR, en estas se detallan los procedimientos necesarios para cumplir con la calidad de las obras. Por su importancia a continuación se mencionan algunas consideraciones a tener en cuenta para la alternativa recomendada de pavimento:

CAPITULO VII: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO (CONCRETO HIDRAULICO)

CAPITULO VII - DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO (CONCRETO HIDRAULICO)

Con el fin de proporcionar una estructura que cumpla con el objetivo principal de brindar una superficie, sobre la que se puedan desplazar con un nivel de servicio y soporte de cargas adecuado durante un período determinado, se desarrollaron métodos de diseño de pavimentos de concreto, que permiten la determinación de los espesores de las diferentes capas de la estructura del pavimento, acorde con las necesidades y condiciones existentes en el sitio. Cabe mencionar que un diseño sin el fundamento técnico necesario, dará como resultado un pavimento que rápidamente se deteriorará, perdiéndose toda o gran parte de la inversión realizada, o por el contrario uno por encima de las necesidades reales con costos altos e innecesarios.

La mayoría de los métodos de diseño utilizan ciertos parámetros, de los cuales se brinda una breve descripción de cada uno de ellos, más adelante, en la medida que son utilizados, una vez determinados todos estos parámetros se hace posible la determinación de los espesores, por medio de cualquiera de los tres métodos que se numeran a continuación: ✓ Método de la Portland Cement Association (P.C.A), ✓ El método versión de 1998 del procedimiento desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para el diseño de estructuras de pavimento y ✓ el método de diseño español MOPU-Secciones de Pavimento. Nos hemos basado previamente en el método y enfocado en el método de la AASHTO 1998.

7.1. Método AASHTO 1998

Diseño de la estructura del pavimento rígido.

7.1.1. Alcance

En este Capítulo se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología recomendada para el diseño estructural de los componentes del pavimento rígido y se determina la combinación de tipos de materiales y espesores de capas más ajustadas a las condiciones de diseño.

- Método de Diseño.

El método de diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Administradores de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés), en su versión de 1998, y el cálculo de espesores se lleva a cabo mediante la utilización de AASHTO supplement worksheet de la supplement to the AASHTO Guide For Design of Pavement Structures, 1998; cuyos lineamientos originales fueron desarrollados bajo el proyecto No 1-30 de la National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), y verificados basándose en los resultados del estudio: Validation of Guidelines for k-Value Selection and Concrete Pavement Performance Prediction, Publication N.º FHWA-RD-96-198, (January 1997). El cálculo se realiza para 10,15 y 20 años.

7.1.2. Estimación de las cargas de diseño

Las cargas de diseño han sido determinadas en función de los resultados del “Estudio de Tráfico” realizado por el equipo de trabajo como parte de la información requerida para el proyecto Integral de apertura de esta carretera y su cálculo se explica en la tabla #26 y el resultado es:

RESUMEN DE ESAL POR PERIODO

Tabla #17. Esales por periodo

PERIODO (AÑOS)	ESALES
	RIGIDOS
10	2,967,778
15	5,025,384
20	7,599,958

Fuente: Propia

Condición de servicio del pavimento al inicio del período de diseño (p_0)

El Método AASHTO-93 recomienda asignar a esta variable independiente un valor de 4.5, en el caso de pavimentos rígidos, valor éste que será empleado en la solución de la ecuación de diseño.

Condición de servicio del pavimento al final del período de diseño (p_t)

En el análisis de esta alternativa de pavimento rígido se empleará el valor de 2.50.

Confiabilidad en el diseño (R) y desviación estándar del sistema de pavimentos (S_o)

El Método AASHTO-93 presenta, para el valor (R) la Tabla 2.2, que se transcribe a continuación como Tabla 3:

Tabla #18. Valores de Confiabilidad recomendados por la AASHTO

Clasificación funcional de la vía bajo proyecto	Valor recomendado de Confiabilidad (R)	
	Vías urbanas	Vías rurales
Autopistas Interestatales y otras autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Vías colectoras	80-95	75-95
Vías locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO

Se empleará un valor de 90% para 20 y 15 años y 95% para 10 años, considerando que los pavimentos rígidos a largo plazo los espesores aumentan y su comportamiento es mejor.

El valor de la “desviación estándar- s_0 ”, por otra parte, sugerido por el propio Método AASHTO-93 es de 0.35 para el caso de diseño de un nuevo pavimento rígido; este valor será, en consecuencia, empleado en la solución de la ecuación de diseño de la AASHTO para el caso del pavimento de concreto hidráulico.

Calidad del material de fundación (MR)

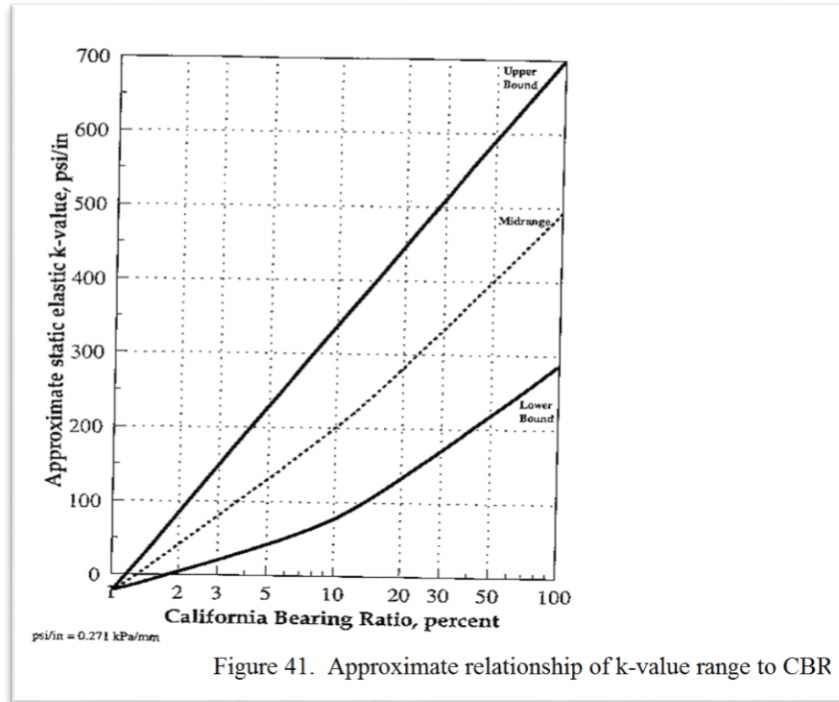
Pavimento Rígido.

En la guía suplementaria para los pavimentos rígidos 98, el valor de k corresponde a la subrasante; no incluye la subbase de la estructura de pavimento. La subbase es considerada en este método como una capa estructural del pavimento.

El valor de K incorporado en versiones anteriores de la Guía AASHTO, representa no únicamente la deformación elástica de la subrasante bajo solicitaciones de carga, sino también la deformación permanente sustancial. La Guía Suplementaria considera que solamente el componente elástico de esta deformación es representativo de la respuesta de la subrasante a las cargas de tráfico sobre el pavimento.

De igual manera en el Suplemento a la Guía AASHTO 98, incluye la Figura 41, denominada Relación Aproximada de Rango de Valores entre el valor del CBR y el valor de k y se muestra a continuación:

Ilustración #5 Relación aproximada de rango de valores entre el valor del CBR y el valor de k



Este análisis para determinar el k de diseño, se realizó con la Figura anterior, entrando en el eje de las abscisas (X) con el valor del CBR de 15.48% interceptando el valor de la gráfica lower bound (rango bajo) y buscando el valor que corresponde en el eje de las ordenadas (Y), obteniendo:

Tabla #19. Valores del Material de Fundación

UNIDAD DE DISEÑO	CBR (%)	Mr (Lb/Pulg ²)	K (psi/plg)
1	15.48	12731.03	100.00

Se debe indicar que este valor no se corrige, esto es no se utiliza la figura 43, ya que el diseño considera la colocación de la estructura de pavimento sobre el

rodamiento actual sin rellenos o terraplenes nuevos, tampoco se detectó roca en los sondeos manuales, se muestra dicha grafica a continuación:

Ilustración #6 ajuste a K para y/o capa rígida

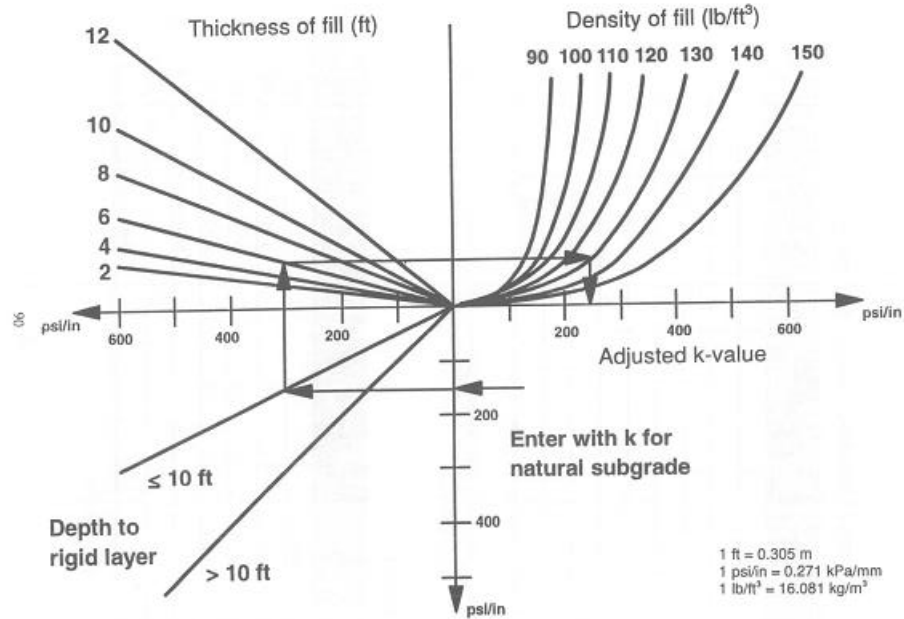


Figure 43. Adjustment to k for fill and/or rigid layer.

7.1.3. Propiedades climáticas para pavimento rígido.

Por su ubicación y la información disponible en Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), los datos de clima del proyecto corresponden, conforme el detalle siguiente:

- Velocidad Promedio Anual del Viento

La velocidad promedio del viento a considerar es de 3.30 m/s (7.38 millas/hora).

- Temperatura Promedio del Aire

La temperatura promedio del aire en la zona donde se ubica el proyecto es de 27.10°C (80.78°F). Del estudio geológico elaborado por el consultor, tenemos: La marcha anual de la temperatura de la zona de estudio, presenta una oscilación promedio de 2.5°centígrados entre el mes más caliente y el más frío. El promedio anual de la temperatura es de 27.1°centígrados presentando un valor mínimo absoluto de 16° centígrados en los meses de noviembre a enero.

- Precipitación Media Anual.

La Precipitación Media Anual en la zona donde se ubica el proyecto es de 1750.00 mm (68.90 plg).

Del estudio geológico, tenemos:

Estaciones Pluviométricas cercanas al tramo de carretera (INETER)

Tabla #20 Estudio geológico.

Estación	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Tipo	Período de registro (años)	Distancia al área de estudio (km)
	Este	Norte				
La Primavera	581791.98	1328754.03	600	PV	1963 - 2005	7.95
Casa Colorada	575301.01	1324620.77	910	PV	1963 - 1999	3.16
PV = Pluviométrica						

Fuente: INETER

En la zona dentro de la cual se encuentra el área de estudio, la precipitación promedio anual en el periodo 1963 – 2005, es de 1750 mm. En el mismo periodo ha presentado variaciones entre 654 mm (1976) y 3789.6 mm. (1975).

7.1.4. Coeficiente de drenaje para pavimento rígido (Cd)

La guía AASHTO, establece que los valores de Coeficiente de Drenaje (Cd) dependen de la “Calidad del drenaje” que tendrá el proyecto.

Determinación de calidad del drenaje.

Existen tres condiciones para lograr controlar los daños que puede causar la infiltración o permanencia de humedad del agua en los estratos inferiores (Sub base y Sub rasante) de un pavimento rígido:

- Sellar correctamente el pavimento
- Usar materiales que sean insensibles a la humedad y que no provoquen daños relacionados con la humedad.
- Proveer un drenaje adecuado para evacuar efectivamente todo tipo de humedad que pueda afectar el pavimento.

El diseño de pavimento, la geometría de la vía diseñada y la dotación del sistema de drenaje del proyecto, contemplan las medidas que permiten cumplir las condiciones citadas anteriormente, tales como:

El diseño de pavimento considera las medidas siguientes:

- Utilización de materiales de alta calidad en la construcción de losa
- Juntas de abertura de 2mm para inducir grietas menores a 0.6 mm. y evitar la infiltración del agua.
- Construcción de una base triturada estabilizada con cemento, lo cual genera un estrato impermeable.

1. La geometría de la vía diseñada:

La geometría de la vía diseñada, considera pendientes longitudinales y transversales, que dan como resultante una pendiente predominante que garantiza velocidad del agua al escurrir sobre la superficie del pavimento, eliminando el potencial de infiltración, favoreciendo el escurrimiento y la evapotranspiración.

2. La dotación del sistema de drenaje del proyecto:

La dotación del sistema de drenaje del proyecto, a través de la construcción del drenaje lateral y transversal, permite un sistema de drenaje eficiente en la captación y evacuación de las escorrentías superficiales tanto de la calzada de la vía como de sus aportes laterales, no permitiendo zonas de infiltración. Otro aspecto importante de mencionar es que el suelo cemento por su buen desempeño a esfuerzos de compresión, y su resistencia a la humedad, no perdiendo resistencia incluso cuando se alcanzan grados de saturación, es un material de mejor calidad que las bases granulares convencionales consideradas en la guía AASTHO para el análisis de coeficiente de drenaje.

Finalmente, al no existir nivel freático superficial y con la base estabilizada con cemento, la posibilidad de que la humedad llegue a la subrasante, es prácticamente nula. Por todo lo expuesto antes, se resume que el proyecto contara con una excelente calidad de drenaje.

- Selección de Coeficiente de Drenaje

La guía suplementaria AASHTO para estructuras de pavimento rígido, recomienda los coeficientes de drenaje C_d , que se muestran en el Cuadro siguiente y en vista que la estructura contara con un buen sistema de drenaje con protección para evitar infiltraciones en las diferentes capas de pavimento, se establece el $C_d = 1.00$.

Coeficientes de Drenaje, C_d , recomendados para Pavimentos Rígidos

Ilustración #7. Coeficientes de drenaje, Cd, recomendados para pavimentos rígidos

Edge Drains	Precip. Level	Fine-Grained Subgrade		Coarse-Grained Subgrade	
		Nonpermeable Base	Permeable Base	Nonpermeable Base	Permeable Base
No	Wet	0.70-0.90	0.85-0.95	0.75-0.95	0.90-1.00
	Dry	0.90-1.10	0.95-1.10	0.90-1.15	1.00-1.15
Yes	Wet	0.75-0.95	1.00-1.10	0.90-1.10	1.05-1.15
	Dry	0.95-1.15	1.10-1.20	1.10-1.20	1.15-1.20

Notes:

1. Fine subgrade = A-1 through A-3 classes;
Coarse subgrade = A-4 through A-8 classes.
2. Permeable Base = $k = 1000$ ft/day (305 m/day) or uniformity coefficient (C_u) ≤ 6 .
3. Wet climate = Precipitation > 25 in/year (635 mm/year);
Dry climate = Precipitation ≤ 25 in/year (635 mm/year).
4. Select midpoint of range and use other drainage features (adequacy of cross slopes, depth of ditches, presence of daylighting, relative drainability of base course, bathtub design, etc.) to adjust upward or downward.

Faulting Check

7.1.5. Características estructurales para pavimento rígido

7.1.5.1. Factor de fricción de la base triturada estabilizada con cemento

El factor de fricción (F) representa la resistencia de fricción entre la parte inferior de las losas de concreto y la superficie superior de la base o subrasante. De la tabla#29 (tabla 14 de la Guía Suplementaria AASHTO 98) para el diseño de pavimentos rígidos, se considerará para el presente análisis el valor de 8, el valor más bajo en coeficiente de fricción para diferentes tipos de bases

Tabla #21 (Tabla 14 AASHTO98) Módulo de elasticidad y coeficiente de fricción para diferentes tipos de bases.

nondoweled designs, the user needs to ensure that all values are comparable.

- Corner break checks need to be performed only for nondoweled pavements. This sheet can be accessed by clicking on the "Corner Break Check" button.

Table 14. Modulus of elasticity and coefficient of friction for various base types.

Base Type or Interface Treatment	Modulus of Elasticity (psi)	Peak Friction Coefficient		
		low	mean	high
Fine-grained soil	3,000 - 40,000	0.5	1.3	2.0
Sand	10,000 - 25,000	0.5	0.8	1.0
Aggregate	15,000 - 45,000	0.7	1.4	2.0
Polyethylene sheeting	NA	0.5	0.6	1.0
Lime-stabilized clay	20,000 - 70,000	3.0	NA	5.3
Cement-treated gravel	(500 + CS) * 1000	8.0	34	63
Asphalt-treated gravel	300,000 - 600,000	3.7	5.8	10
Lean concrete without curing compound	(500 + CS) * 1000		> 36	
Lean concrete with single or double wax curing compound	(500 + CS) * 1000	3.5		4.5

Notes: CS = compressive strength, psi
Low, mean, and high measured peak coefficients of friction summarized from various references are shown above.

Input Form

Information | Input Form | Results | Calculation Sheet | Sensitivity (Other) | Sensitivity (T)

Listo

Fuente: AASHTO

7.1.5.2. Transferencia de carga

Se estableció que la transferencia de carga será a través de la trabazón de agregados, es decir sin dovelas. Al diseñar pavimentos sin considerar dovelas en las juntas transversales, según la Guía Suplementaria AASHTO98 para el Diseño de Pavimentos Rígidos debe realizarse los siguientes chequeos de diseño:

Faulting check; para verificar que existe una adecuada transferencia de carga, de lo contrario deberán considerarse modificaciones en el diseño tales como: uso de barras pasa juntas, cambios en el tipo de base, drenaje, y cambio en la separación de las juntas.

Chequeo por esfuerzos críticos a causa de las cargas aplicadas cerca de la junta transversal, que en conjunto con un gradiente negativo de temperatura crea una situación de carga en las esquinas de las losas que podrían guiar a un agrietamiento prematuro. Si este chequeo refleja problemas; también deben considerarse modificaciones en el diseño a decir; uso de dovelas, incremento de espesores de losa, o cambios en el tipo de base.

En los pavimentos sin dovelas en las juntas, el tamaño de la abertura de la grieta ($\leq 6\text{mm.}$, para que sea efectiva) gobierna la eficiencia de transferencia de carga a través de la junta. Para lograr tal fin, la abertura de las juntas no deberá ser mayor de 2 mm. , (para evitar que entren partículas incomprensibles), y no será necesario el sello de éstas.

También la guía suplementaria considera diversas condiciones de soporte lateral, se asumió la condición con soporte lateral.

7.1.5.3. Módulo de ruptura del concreto.

El valor que se utilizará corresponde a la resistencia a la flexión del Concreto y deberá ser el valor medio obtenido a los 28 días utilizando una viga simple con carga en los tercios del claro según AASHTO T97 / ASTM C78. Para el caso del proyecto, se usará un módulo de ruptura igual a 48 kg/cm^2 .

7.1.5.4. Módulo de elasticidad del concreto, (E_c)

El Módulo de Elasticidad para cualquier tipo de material puede ser estimado usando la correlación recomendada por el Instituto Americano del Concreto, ACI para Concreto de Cemento Pórtland de Peso Normal.

$$E_c = 57,000(f'c)^{0.5}$$

Donde:

E_c = Modulo de Elasticidad de Concreto (en psi).

f'_c = Resistencia a la Compresión de Diseño, como se determina en AASHTO T22, T140 o ASTM C 39.

Se asume $f'_c=351.54 \text{ kg/cm}^2=5,000 \text{ psi}$, entonces $E_c= 4,030,508 \text{ psi}$.

Valor a utilizar en la solución del sistema.

7.1.5.5. Módulo de elasticidad de material granular estabilizado con cemento, (e)

La guía suplementaria de 1998 establece en la Tabla 14, para la estabilización con cemento de materiales granulares de las bases, un módulo de elasticidad calculado conforme la formula siguiente:

Ecuación #11. Módulo de Elasticidad de base estabilizada con cemento

$$E = (500 + CS) * 1,000 \text{ (psi)}$$

Donde:

E = Modulo de Elasticidad de la base estabilizada con cemento.

$CS=f'_c$ = Resistencia a la Compresión de Diseño, como se determina en AASHTO T22, T140 o ASTM C 39

Asumimos 21kg/cm^2 (300.00 psi), valor característico de resistencias a la compresión de bases de material selecto estabilizadas con cemento en Nicaragua, obteniendo:

$$E = (500 + 300.00) * 1,000 \text{ (psi)}$$

$$E = 800,000 \text{ psi}$$

Valor a utilizar en la solución del sistema.

7.1.5.6. Coeficiente poisson para concreto

Se conoce a la relación de Poisson, cuando un cuerpo se somete a una fuerza, este siempre se deformará en dirección a esta fuerza. Sin embargo, siempre que se producen deformaciones en dirección de la fuerza aplicada, también se producen deformaciones laterales. Las deformaciones laterales tienen una relación constante con las deformaciones axiales, por lo que esta relación es constante, siempre que se el material se encuentre en el rango elástico de

esfuerzos, o sea que no exceda el esfuerzo del límite proporcionalidad; la relación es la siguiente:

$$\mu = \epsilon \text{ lateral} / \epsilon \text{ axial}$$

Donde:

ϵ es la deformación unitaria y

μ es el coeficiente de Poisson,

Para el concreto no existe ninguna relación definida entre la relación de Poisson y la resistencia. Con base en los resultados de muchas pruebas, se ha determinado que la variación que debe esperarse queda entre 0.10 y 0.20. La cifra promedio de 0.15 es generalmente adoptada para fines de diseño.

El valor que se utilizará corresponde a la recomendación del Suplemento a la Guía AASHTO de Diseño de Pavimento publicada en 1998, $\mu=0.15$.

Tabla #22 Resumen de variables utilizadas para pavimento rígido.

RESUMEN DE VARIABLES		
VARIABLE		VALOR A DETERMINAR
ESPESOR DE LOSA (PLG)	D	
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO DE LA LOSA (PSI)	E_c	4,030,508
COEFICIENTE POISSON PARA CONCRETO	μ	0.15
MODULO ELASTICO EFECTIVO DE SOPORTE DE LA SUBBASE (PSI/PULG)	k	100.00
MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE (PSI)	E_b	800,000
COEFICIENTE DE FRICCION ENTRE LA LOSA Y LA BASE (TABLA 14)	f	63.00
ESPACIAMIENTO DE JUNTAS (PLG)	L	72.83
ESPESOR DE BASE (PLG)	H_b	6.00
VELOCIDAD ANUAL DEL VIENTO (MPH)	WIND	7.38
TEMPERATURA ANUAL (°F)	TEMP	80.78
PRECIPITACION ANUAL (PLG)	PRECIP	68.90
FACTOR DE AJUSTE POR SOPORTE DE ORILLA (SE CONSTRUIRA HOMBRO DE CONCRETO)	E	0.94
INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL	P1	4.50
INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL	P2	2.50
ESFUERZO A LA FLEXION (PSI)	(S'_c)	640.00
COEFICIENTE DE DRENAJE	C_d	1.00
CONFIABILIDAD (R)	R	VARIABLE
DESVIACION ESTANDAR DEL SISTEMA	S_o	0.35
EJES DE DAÑO (ESAL`S) 10 AÑOS	Wt18	2967778
EJES DE DAÑO (ESAL`S) 15 AÑOS	Wt18	5025384
EJES DE DAÑO (ESAL`S) 20 AÑOS	Wt18	7599958

7.1.6. Diseño de pavimento rígido

El cálculo de espesores se llevó a cabo mediante la utilización de AASHTO Supplement Worksheet de la Supplement to AASHTO Guide For Design of Pavement Structures, 1998; cuyos lineamientos originales fueron desarrollados bajo el proyecto N° 1-30 de la National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), y verificados basándose en los resultados del estudio: Validation of Guidelines for k-Value Selection and Concrete Pavement Performance Prediction, Publication N° FHWA-RD-96-198, (January 1997). El cálculo se realiza para 10, 15 y 20 años:

Ilustraciones 8 - 9 -10. Cálculo de espesores en pavimento rígido, para 10, 15 y 20 años mediante la utilización de la AASHTO Supplement Worksheet.

PARA 20 AÑOS

1998 AASHTO Supplement Procedure for Concrete Pavement Thickness Design

Whenever you change input values below, first click the button "recalculate seasonally adjusted effective k value" before solving for the required slab thickness or allowable ESALs.

Enter values for the following parameters in the 1998 AASHTO concrete pavement performance model.

parameter	symbol	value	units
slab thickness	D	6.72	in
estimated future ESALs	W _{FE}	759937.70	ESALs
design reliability	R	90	%
overall standard deviation	S _a	0.35	
mean 28-day concrete elastic modulus	E _c	4,030,508	psi
mean 28-day concrete flexural strength	S _c	640	psi
concrete Poisson's ratio	μ	0.15	
base elastic modulus	E _b	800,000	psi
base thickness	H _b	6	in
slab/base friction coefficient	f	63	
k value	k	100	pci/in
initial serviceability	P ₁	4.5	
terminal serviceability	P ₂	2.5	
joint spacing	L	6.06	ft
edge support adjustment factor	E	0.94	
mean annual temperature	temp	60.78	deg F
mean annual precipitation	precip	68.9	in
mean annual wind speed	wind	7.38	mph

Values for the following parameters are calculated from the above inputs.

standard normal deviate	Z _a	-1.282	
effective positive temperature differential	TD	10.09	deg F
slab length in inches	L	72.72	in
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.35	
radius of relative stiffness	I	31.94	in
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.184	
stress due to load	sigma l	150.67	psi
total stress due to load and temperature	sigma t	316.37	psi

Values for the following parameters are calculated for AASHTO Road Test constants.

effective positive temperature differential	TD	5.83	deg F
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.11	
radius of relative stiffness	I	31.63	in
log of slope of TD effect on stress	log b	-0.935	
stress due to load	sigma l	300.86	psi
total stress due to load and temperature	sigma t	546.19	psi

Values for the following parameters are calculated to determine the required slab thickness for the design ESALs.

allowable log ESALs for 50% reliability, new design	log W _F	7.33	
allowable log W for 50% reliability, AASHTO Road Test	log W	6.33	
log rho term	log R	6.48	
serviceability loss term	G	-0.18	
beta term	B	1.50	
allowable ESALs for design reliability, new design	W _F	7,605,915	
expected ESALs for design reliability, new design	W _{FE}	7,599,384	
ratio of expected to allowable ESALs		1.00	

PARA 15 AÑOS:

1998 AASHTO Supplement Procedure for Concrete Pavement Thickness Design

Whenever you change input values below, first click the button "recalculate seasonally adjusted effective k value" before solving for the required slab thickness or allowable ESALs.

Enter values for the following parameters in the 1998 AASHTO concrete pavement performance model.

parameter	symbol	value	units
slab thickness	D	6.04	in
estimated future ESALs	W _{FE}	5025384.00	ESALs
design reliability	R	90	%
overall standard deviation	S _a	0.35	
mean 28-day concrete elastic modulus	E _c	4,030,508	psi
mean 28-day concrete flexural strength	S _c	640	psi
concrete Poisson's ratio	μ	0.15	
base elastic modulus	E _b	800,000	psi
base thickness	H _b	6	in
slab/base friction coefficient	f	63	
k value	k	100	pci/in
initial serviceability	P ₁	4.5	
terminal serviceability	P ₂	2.5	
joint spacing	L	6.06	ft
edge support adjustment factor	E	0.94	
mean annual temperature	temp	60.78	deg F
mean annual precipitation	precip	68.9	in
mean annual wind speed	wind	7.38	mph

Values for the following parameters are calculated from the above inputs.

standard normal deviate	Z _a	-1.282	
effective positive temperature differential	TD	9.13	deg F
slab length in inches	L	72.72	in
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.38	
radius of relative stiffness	I	29.59	in
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.162	
stress due to load	sigma l	159.62	psi
total stress due to load and temperature	sigma t	337.64	psi

Values for the following parameters are calculated for AASHTO Road Test constants.

effective positive temperature differential	TD	4.91	deg F
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.12	
radius of relative stiffness	I	29.24	in
log of slope of TD effect on stress	log b	-0.930	
stress due to load	sigma l	345.14	psi
total stress due to load and temperature	sigma t	607.48	psi

Values for the following parameters are calculated to determine the required slab thickness for the design ESALs.

allowable log ESALs for 50% reliability, new design	log W _F	7.16	
allowable log W for 50% reliability, AASHTO Road Test	log W	6.09	
log rho term	log R	6.17	
serviceability loss term	G	-0.18	
beta term	B	2.09	
allowable ESALs for design reliability, new design	W _F	5,022,438	
expected ESALs for design reliability, new design	W _{FE}	5,025,384	
ratio of expected to allowable ESALs		1.00	

PARA 10 AÑOS:

1998 AASHTO Supplement Procedure for Concrete Pavement Thickness Design

Whenever you change input values below, first click the button "recalculate seasonally adjusted effective k value" before solving for the required slab thickness or allowable ESALs.

Enter values for the following parameters in the 1998 AASHTO concrete pavement performance model.

parameter	symbol	value	units	
slab thickness	D	5.64	in	14.314
estimated future ESALs	W_{18}	2967778.05	ESALs	
design reliability	R	95	%	
overall standard deviation	S_o	0.35		
mean 28-day concrete elastic modulus	E_c	4,030,508	psi	
mean 28-day concrete flexural strength	S'_c	640	psi	
concrete Poisson's ratio	μ	0.15		
base elastic modulus	E_b	800,000	psi	
base thickness	H_b	6	in	
slab/base friction coefficient	f	0.63		
k value	k	100	psi/in	
initial serviceability	P_1	4.5		
terminal serviceability	P_2	2.5		
joint spacing	L	6.06	ft	
edge support adjustment factor	E	0.94		
mean annual temperature	temp	80.78	deg F	
mean annual precipitation	precip	68.9	in	
mean annual wind speed	wind	7.38	mph	

Values for the following parameters are calculated from the above inputs.

standard normal deviate	Z_R	-1.645		
effective positive temperature differential	TD	8.51	deg F	
slab length in inches	L	72.72	in	
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.40		
radius of relative stiffness	I	28.00	in	
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.148		
stress due to load	sigma l	163.13	psi	
total stress due to load and temperature	sigma t	344.63	psi	

Values for the following parameters are calculated for AASHTO Road Test constants.

effective positive temperature differential	TD	4.25	deg F	
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.12		
radius of relative stiffness	I	27.75	in	
log of slope of TD effect on stress	log b	-0.914		
stress due to load	sigma l	376.34	psi	
total stress due to load and temperature	sigma t	640.64	psi	

Values for the following parameters are calculated to determine the required slab thickness for the design ESALs.

allowable log ESALs for 50% reliability, new design	log W'	7.05		
allowable log W for 50% reliability, AASHTO Road Test	log W	5.92		
log rho term	log R	5.98		
serviceability loss term	G	-0.19		
beta term	B	2.80		
allowable ESALs for design reliability, new design	W'	2,967,639		
expected ESALs for design reliability, new design	W_{18R}	2,967,778		
ratio of expected to allowable ESALs		1.00		

7.1.7. Calidad del concreto para la losa del pavimento y de la base.

Estas variables independientes son características del Método AASHTO-98 para pavimentos rígidos. En nuestro análisis emplearemos un concreto de resistencia a la rotura de 48 kg/cm² (640 psi) para los canales de circulación y de 48 kg/cm² para los hombros. La base seleccionada como material de base granular se recomienda una mezcla de materiales granulares, hasta alcanzar un espesor total mínimo de 15 cm y debe ser estabilizada con la adición de cemento, en una cantidad tal que la mezcla estabilizada alcance una resistencia mínima a la compresión simple, después de 7 días de curado, de 21 kg/cm².

Basado en el resultado anterior los espesores son:

Tabla #23. Espesores de pavimento Alternativa de concreto.

Sin Dovelas y con apoyo lateral	Losa de concreto (cm)	Base estabilizada con cemento (cm)
20 años	18.00	15.00
15 años	16.00	15.00
10 años	15.00	15.00

Fuente: Propio

7.1.8. Espesores recomendados

Es recomendación que se seleccionen los espesores de pavimento indicados en la Tabla 30, los cuales son el resultado de la aplicación de la optimización de la losa para los diferentes valores de las variables independientes, y las dimensiones de las losas: aserradas en cuadros de ancho de 1.80 m. y largo de 1.80 m. para los carriles, y ancho de 2.00 m. y largo de 1.80 m. para los hombros

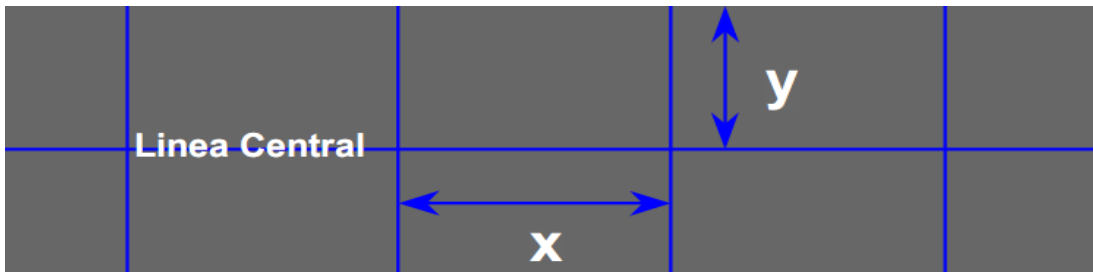
7.1.9. Consideraciones adicionales

7.1.9.1. Modulaci3n de las losas.

Se refiere a la forma que tendr3n los tableros de la losa. Aqu3 se modula la junta longitudinal y la transversal de tal manera que exista una relaci3n, entre el largo y el ancho que no exceda a los l3mites 0.71 a 1.40, esto es $0.71 < x/y < 1.4$

Gr3ficamente:

Ilustración #11. Relación Largo–Ancho de losa.



La modulación de las losas está regida por la separación de las juntas transversales, el objetivo es inducir el agrietamiento controlado bajo los cortes de las losas (Sección rebajada), sin necesidad de colocar refuerzo continuo. Esta situación se presenta a continuación:

Tabla #24. Dimensiones de la losa

Revisión de la Esbeltez			
DIMENSION	Losa del carril		hombro
	interna	externa	
ancho (m)	1.80	1.80	2.00
largo (m)	1.80	1.80	1.80
Relación de esbeltez	1.00	1.00	0.90
Criterio	0.71 < largo/ancho < 1.40		
condición	cumple	cumple	cumple

Fuente: Propia

7.1.9.2. Confinamiento lateral (pines).

Anclajes exteriores.

Cada segmento exterior de las losas se anclará a la base mediante la inserción de barras verticales de acero de refuerzo corrugadas grado 40 de 45.0 cm de

longitud que sobresalgan 10 cm de la superficie de la base. Dichas barras se insertarán antes de la fundición de las losas y se colocarán a 3.30 m de la línea central con un espaciamiento en el sentido longitudinal de 60.00 cm de manera que en cada longitud de losa de 1.80 m, se coloquen tres barras y la distancia a las juntas transversales sea de 30.0 cm. El diámetro de las barras será de 5/8 pulgada.

7.1.9.3. Curado.

Una vez terminados los trabajos de puesta del hormigón, es decir realizado el rayado de la superficie del hormigón, este se deberá curar en dos etapas:

1. Colocar Retardador de fraguado: este producto se debe colocar una vez realizada la terminación superficial del concreto, con el hormigón fresco. Este producto evitará las primeras fisuras por retracción plástica y disminuirá el alabeo de construcción por secado de la superficie.

2. Colocar membrana de curado Tradicional: Una vez realizados los cortes al pavimento, es decir una vez endurecido éste, se aplicará la membrana de curado tradicional protegiendo el hormigón de la evaporación de la superficie con efectos similares descritos en el punto anterior

En caso de que la temperatura en la noche sufra descensos importantes (mayor a 10°C) se recomienda complementar este curado, mediante la colocación de una aislación térmica superficial como geotextil grueso o polietileno con burbujas (las burbujas tocando la superficie del pavimento), materiales que deberán cubrir el concreto por lo menos la primera noche, colocado 1 hora después de realizada la última etapa de curado. Esta aislación permite disminuir el alabeo inicial de las losas, además de acelerar la apertura al tráfico.

CAPITULO VI: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA

CAPITULO VIII - DISEÑO PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA

La mayoría de los métodos de diseño utilizan ciertos parámetros, de los cuales se brinda una breve descripción de cada uno de ellos, más adelante, en la medida que son utilizados, una vez determinados todos estos parámetros se hace posible la determinación de los espesores, por medio de cualquiera de los tres métodos que se numeran a continuación:

el método versión de 1993 del procedimiento desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para el diseño de estructuras de pavimento, el método de diseño español MOPU-secciones de pavimento, y el método del instituto de asfalto norteamericano.

8.1. Método AASHTO 1993

Para el cálculo de los espesores se utiliza la Guía de la ASSTHO 1993, para pavimento flexible, ampliamente explicada en el método de mezcla asfáltica. Se utiliza el software WINPASS y la salida nos muestra los resultados siguientes:

Ilustración #12. SN para pavimento Flexible 20 años

WinPAS
Pavement Thickness Design According to
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures
American Concrete Pavement Association

Flexible Design Inputs

Agency: MTI
Company: EDICO
Contractor:
Project Description:
Location: SANTA ANA - EL BOQUETE

Flexible Pavement Design/Evaluation

Structural Number	3.70	Soil Resilient Modulus	12,731.00 psi
Design E/SALs	5,066,638	Initial Serviceability	4.20
Reliability	90.00 percent	Terminal Serviceability	2.50
Overall Deviation	0.45		

Layer Pavement Design/Evaluation

Layer Material	Layer Coefficient	Drainage Coefficient	Layer Thickness	Layer SN
MEZCLASFALTA	0.42	1.00	4.75	2.00
Cement Treated Agg. Base	0.17	1.00	6.00	1.36
Granular Subbase	0.06	1.00	6.00	0.36
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
			ΣSN	3.72

Ilustración #13. SN para pavimento Flexible 15 años

WinPAS
Pavement Thickness Design According to
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures
American Concrete Pavement Association

Flexible Design Inputs

Agency: MTI
Company: EDICO
Contractor:
Project Description:
Location: SANTA ANA - EL BOQUETE

Flexible Pavement Design/Evaluation

Structural Number	3.46	Soil Resilient Modulus	12,731.00 psi
Design E/SALs	3,350,256	Initial Serviceability	4.20
Reliability	90.00 percent	Terminal Serviceability	2.50
Overall Deviation	0.45		

Layer Pavement Design/Evaluation

Layer Material	Layer Coefficient	Drainage Coefficient	Layer Thickness	Layer SN
MEZCLASFALTA	0.42	1.00	4.75	2.00
Cement Treated Agg. Base	0.17	1.00	6.48	1.10
Granular Subbase	0.06	1.00	6.00	0.36
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
			ΣSN	3.46

Ilustración #14. SN para pavimento Flexible 10 años

WinPAS
Pavement Thickness Design According to
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures
American Concrete Pavement Association

Flexible Design Inputs

Agency: MTI
Company: EDICO
Contractor:
Project Description:
Location: SANTA ANA - EL BOQUETE

Flexible Pavement Design/Evaluation

Structural Number	3.18	Soil Resilient Modulus	12,731.00 psi
Design ESALS	1,978,519	Initial Serviceability	4.20
Reliability	90.00 percent	Terminal Serviceability	2.50
Overall Deviation	0.45		

Layer Pavement Design/Evaluation

Layer Material	Layer Coefficient	Drainage Coefficient	Layer Thickness	Layer SN
MEZCLASFALTA	0.42	1.00	4.15	1.74
Cement Treated Agg. Base	0.17	1.00	6.48	1.10
Granular Subbase	0.08	1.00	6.00	0.26
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
			Σ SN	3.20

Tabla #25. Resumen de los resultados

PERIODO (AÑOS)	ESPESORES (cm)		
	MAC (cm)	Base Estabilizada con cemento (cm)	Subbase granular (cm)
10	11.00	17.00	16.00
15	12.00	17.00	16.00
20	12.00	20.00	16.00

Fuente: Propio

8.2. Drenaje menor

Descripción General, Inventario y Características del Drenaje Existente.

El sistema de drenaje del camino lo constituyen únicamente obras de drenaje menor, habiendo: 1438 metros de cunetas revestidas con mampostería, repartidos en ocho tramos a ambas bandas, cunetas en estado natural y dos badenes de alivio de mampostería.

En las inspecciones de campo, que constituyen una de las partes más esenciales del estudio, pudo constatarse que las obras de drenaje existentes presentan malas condiciones de funcionamiento, debido principalmente a sus secciones insuficientes y a la falta de mantenimiento rutinario.

No se observaron obras de drenaje mayor a lo largo del tramo, ni tampoco la necesidad de éstas, pues como se mencionó anteriormente el camino discurre principalmente sobre los partes aguas de la zona.

En esta parte del informe se aborda todo lo relacionado a los estudios hidro técnicos del drenaje menor del camino. El drenaje menor corresponde a las obras de ingeniería diseñadas para evacuar o conducir pequeños caudales de manera eficiente y segura, transversal o longitudinalmente a la vía.

Los estudios de campo y de gabinete están orientados a proveer las obras adecuadas que garanticen el transporte de cursos de aguas abiertos y estables a través de la plataforma del camino o paralelos a él. La proyección de estas obras siempre incluye una consideración económica ya que durante su vida útil un amplio espectro de flujos de crecidas con probabilidades relacionadas ocurrirá y los beneficios de construir obras de gran capacidad para acomodar todos estos sucesos, sin ningún efecto de deterioro por parte de la crecida, son normalmente contrarrestados por los altos costos iniciales de construcción.

Las tuberías a utilizar en el proyecto serán de concreto reforzado, considerando sus obras complementarias como muro de cabecera, aletones de entrada y de salida, y su respectivo delantal hidráulico, así mismo se considerará dependiendo del caso, el uso de tragantes y bajantes. El diámetro mínimo de las alcantarillas propuestas es de 36 pulgadas a fin de facilitar su mantenimiento.

Para definir el tipo de tuberías a utilizarse en el proyecto, se consideraron las siguientes alternativas: tuberías de concreto reforzado, tuberías de metal corrugado y tuberías perfiladas de PVC (rebloc), la selección de la alternativa más conveniente se basó en comparaciones hechas referentes a la eficiencia hidráulica, durabilidad y costo de

Suministro e instalación de cada tipo. En la siguiente tabla se comparan los costos y la eficiencia de cada uno de estos tipos:

Tabla #26. costos y eficiencia de tuberías de drenaje menor.

Material	Comparación de costos por metro lineal	Rugosidad de Manning (n)
Concreto Reforzado	ml CR	0.011
Metal Corrugado	Entre 80% y 90% de ml CR	0.024
Ribloc	Entre 75% y 85 de ml CR	0.009

Fuente: Propio

La tabla 34, muestra que la alternativa de concreto reforzado es la de mayor costo, pero con una rugosidad de Manning de 0.011, la alternativa de metal corrugado es ligeramente más barata, pero con un “n” de 0.024 y la alternativa de rebloc es más barata contando con una rugosidad de 0.009, bastante aproximada a la de concreto reforzado. A esto hay que añadir que la alternativa de concreto reforzado es la de mayor resistencia y durabilidad, por encima de la de metal corrugado que sufre en poco tiempo los estragos de la corrosión, y por encima de la de rebloc que sufre daños con facilidad durante las labores de mantenimiento rutinario.

Al comparar las ventajas y desventajas que presentan cada una de las alternativas en consideración, concluimos que la más conveniente es la Tubería de Concreto Reforzado, por ser la de mayor resistencia y durabilidad además de contar con una rugosidad de Manning de 0.011, lo que garantiza suficiente eficiencia hidráulica.

El período de retorno para las diferentes obras de drenaje se fijará según la siguiente tabla:

Tabla #27. Periodo de retorno para obras de drenaje.

Tipo de estructura	de	Período de Retorno (Años)
Cunetas Contracunetas	y	25 años
Alcantarillas Canales	y	25 años

Fuente: Propio

CAPITULO IX: COSTOS Y PRESUPUESTO

ALTERNATIVA NUMERO UNO - ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CONCRETO HIDRAULICO

Tabla #29. Estimación de presupuesto para costos directos de concreto Hidráulico.

Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Directo		Costo de Venta	
				C\$ Unit	Total	C\$ Unit	C\$ Total
304(2A)	Capa de Agregado Triturado Tratado Con Cemento Graduación "E"	m³	27883	1,895.60	52,855,014.80	2,292.92	63,933,488.36
501(1A)	Pavimento de Concreto Hidráulico MR = 48kg/cm²	m³	27125	5,187.26	140,704,427.50	6,274.51	170,196,083.75

234,129,572.1

SUMA

234 MILLONES

**SIN FACTOR DE SOBRE COSTO,
SIN GASTOS ADMINISTRATIVOS,
SIN ESCALAMIENTO, SIN
IMPUESTO MUNICIPAL, SIN IVA.**

Tabla #30. Estimación de presupuesto para costos directos de concreto asfáltico

Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Directo C\$ Unit	Total	Costo de Venta	
						C\$ Unit	C\$ Total
304(2A)	Capa de Agregado Triturado Tratado Con Cemento, Graduación "E"	m³	33152	898.79	29796686.08	1080.71	35827697.92
303(6)	Subbase de Agregados, Graduación "B"	m³	26334	831.71	21902251.14	1000.05	26335316.7
304(3A)	Cemento	Saco 42.5Kg.	99456	226.03	22480039.68	271.78	27030151.68
401(3)	Emulsión Asfáltica Para Imprimación	Litro	172480	21.64	3732467.2	26.02	4487929.6
401(5)	Material de Secado	m³	830	797.12	661609.6	958.46	795521.8
402(3)	Emulsión Asfáltica Para Riego de Liga	Litro	47040	21.56	1014182.4	25.92	1219276.8
405(1A)	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente	m³	18816	6781.2	127594118.4	8153.65	153419078.4
SUMA						C\$249,114,972.9	
C\$249 MILLONES SIN FACTOR DE SOBRE COSTO, SIN GASTOS ADMINISTRATIVOS, SIN ESCALAMIENTO, SIN IMPUESTO MUNICIPAL, SIN IVA							

Para calcular la estimación del monto que se requiere invertir para llevar a la realidad conforme el diseño propuesto este proyecto, es importante indagar la siguiente información, que es imprescindible para elaborar de forma más precisa dicho cálculo:

Se realizó una visita al entorno del proyecto con el objetivo de investigar las condiciones en que se encuentran los bancos de materiales propuestos, sus accesos, así como las características de la superficie para efectos de explotación. También se investigó la existencia del agua, piedra bolón para la mampostería, arena, entre otros elementos que son necesarios para la ejecución del proyecto.

Seguidamente se procedió a investigar y actualizar el precio de todos los insumos que estarán incorporados en el proyecto, tales como cemento, tubos de concreto reforzado, alambre de púas, tubos de PVC, arena de Motastepe, acero de refuerzo, grava, etc. Estos insumos forman parte del componente directo del costo unitario para los distintos conceptos de obras que son necesarios ejecutar. Un listado completo de estos insumos, así como su respectivo soporte (proforma). Este precio fue cotizado directamente en las diferentes casas comerciales.

Posteriormente, en coordinación con el resto del equipo de trabajo y de conformidad con las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000), y ajustándose rigurosamente al diseño que ha sido concebido se definió los “Conceptos de Obras” y sus cantidades correspondientes que forman el *Pliego de Licitación*, con lo cual los contratistas deberán presentar sus ofertas. Los estudios y diseños de los diferentes especialistas, determinaron las características y especificaciones técnicas para el tramo de camino en estudio.

En base a las características y especificaciones técnicas se determinaron los costos de construcción para cada uno de los conceptos de obras estudiados:

Para los cálculos de las cantidades de obras del movimiento de tierra se realizaron corridas con el programa Civil 3d Land Desktop con las secciones transversales típicas definidas.

Se calcularon además todas las obras de construcción del drenaje, que incluye la construcción de alcantarillas nuevas de 36 Plg. de diámetro, casetas de bahías de buses, obras misceláneas, entre otras.

Una vez que se tuvo organizada la información previamente explicada se procedió a trabajar en el montaje de la memoria de cálculo del costo unitario, según cada concepto de obra. Al realizar esta operación, es crucial la información estadística que se tenga de proyectos similares que han sido ejecutados, es decir, se debe combinar un buen criterio producto de la experiencia obtenida con los datos de rendimiento tanto del equipo de construcción como la eficiencia ajustada a la realidad de la mano de obra, tanto la calificada como la no calificada.

Asimismo, fue importante tomar en cuenta la documentación principal relacionada al diseño, así como las modificaciones a las especificaciones técnicas, lo que conllevó a que el montaje de la memoria de cálculo del precio unitario fuera el más acertado.

Considerando la importancia de este tramo de carretera a licitar y la magnitud de la inversión necesaria para mejorarlo, se ha hecho un singular esfuerzo por lograr estimados de costos apegados a la realidad nacional, a través de una adecuada integración cualitativa y cuantitativa de los diferentes recursos que intervienen en la ejecución de cada uno de los conceptos de obra involucrados (equipo, mano de obra, materiales, y otros).

El cumplimiento de lo estipulado en las especificaciones técnicas NIC-2000, que regirán la ejecución del proyecto, así como las especificaciones particulares,

fueron la base fundamental para la organización de la estructura de cada costo unitario, interviniendo además el positivo aporte de la experiencia acumulada por profesionales del consultor en diferentes proyectos de construcción y/o rehabilitación y mejoramiento de carreteras.

La hoja de cálculo en el programa Excel fue diseñada de tal manera que muestra el origen del monto de cada rubro (equipo, mano de obra y materiales), así como el volumen de obra a ejecutar, el costo directo y el costo de venta resultante de multiplicar el costo directo por el factor de sobre costo.

También es importante mencionar que adicionalmente a lo antes explicado, la hoja de cálculo ha sido preparada para que en caso de que se quiera calcular el monto a causa del *“Ajuste de Precios”*, únicamente se tenga que investigar los elementos que intervienen, como por ejemplo la variación en los precios de los materiales que están incorporados en la obra, los que deberán estar en correspondencia con lo indicado en las NIC-2000.

Este cálculo se puede hacer únicamente cuando el proyecto se encuentre en ejecución y exista algún reclamo por esta causa de parte del Contratista; es hasta en este momento que ya se puede saber el comportamiento o la forma de cómo han variado los precios de los insumos involucrados.

En lo que respecta al equipo, cuya participación en el costo de construcción en la mayoría de los casos es la de mayor peso, fueron estimados tiempos de trabajo en base a registros que el consultor posee de diferentes proyectos similares antes o actualmente supervisados.

9.1. Costos directos

Tal como se muestra en tablas anexo, el cálculo del costo unitario según cada concepto de obra, está basado sobre el aporte de los rubros de materiales, equipo y mano de obra que se designan como “Costos Directos”, que son necesarios para la realización de un proceso productivo. A dichos costos se les agregó una parte proporcional de todos los costos indirectos que corresponden a los gastos administrativos necesarios para la correcta realización de un proceso productivo. Estos gastos indirectos están formados por la sumatoria de lo que son las instalaciones provisionales, traslado de maquinarias, seguros, impuestos, fianzas, administración central, costo de construcción y mantenimiento de desvíos, mantenimiento de los accesos a los bancos de préstamo, paliativo de polvo, costo de cada día que sea afectado por la lluvia y sus efectos y utilidad, ya que los costos indirectos no se concursan por separado.

Los precios de los materiales considerados en el análisis de costos directos para la obtención del Costo Unitario (C.U.), está calculado tomando en cuenta el precio de lista, menos su descuento correspondiente (cuando sea el caso), más el cargo por concepto de transporte en su caso, esto es, el precio del material puesto en la obra, *sin considerar el impuesto al valor agregado (IVA.)*. El Escalamiento, impuesto municipal. Este impuesto deberá aplicarse al final del presupuesto, excepto en los casos que marca la Ley para obras exentas.

El detalle que refleja el costo directo para cada concepto de obra se puede observar en los anexos VII presente documento.

9.1.1. Materiales de construcción

Es deber del estimador preparar los presupuestos de costos con base en planos y especificaciones que han sido elaborados para la ejecución del proyecto. Como primer paso es realizar una cuantificación de los materiales, según cada concepto de obra, que involucra todos los materiales que estarán incorporados en la obra.

Los costos por unidad de los diferentes materiales fueron obtenidos según el proveedor, para lo cual se les solicitó una proforma. En la mayoría de los casos el costo de dichos materiales es dado en el lugar donde el proveedor lo almacena, por lo que en el cálculo del costo unitario se consideró el costo que implica trasladarlos al sitio de la obra.

El listado de los materiales, con sus respectivos precios que estarán incorporados en la obra se presenta en el Anexo – 8 de este Informe. De igual manera en este mismo anexo se ha incorporado copia de las distintas proformas que fueron gestionadas por el consultor.

9.1.2. Factores de sobrecostos

El factor de sobrecosto se define como: "El factor por el cual deberá multiplicarse el costo directo para obtener el precio de venta".

Precio de venta = (Factor de sobrecosto) x (Costo directo); $PV = (FSC) \times (CD)$

El factor de sobrecosto se divide en dos grupos; los que se consideran afectan al costo directo exclusivamente (S/CD), y los que se consideran afectan al costo directo, y a una parte del costo indirecto (S/A).

Los costos indirectos que se consideraron para el presupuesto son variables del costo directo. El desglose de este porcentaje es de acuerdo a los rubros que se pueden agrupar según se detallan a continuación:

- A. Costos de Administración
- B. Gastos Financieros e Imprevistos
- C. Utilidad

Los costos directos han sido analizados y calculados según cada concepto de obra, el sistema utilizado en el programa Excel calcula el monto total (costo directo) del proyecto. A este monto se le suma el monto de los costos indirectos. Para este caso el porcentaje de costos indirectos respecto a los costos directos resulto ser de 9.85%. A la suma de los costos directos y costos indirectos se le calcula los gastos de administración central, en este caso se estimó que este gasto será del 5 por ciento. Seguidamente al monto que resulta de sumar los costos directos, costos indirectos y gastos de administración central se le aplica el porcentaje que representa la utilidad que se pretende obtener; para este caso se ha estimado una utilidad del 5 por ciento.

El monto final así obtenido, es dividido entre el monto directo para conocer cuánto es el "*factor de sobre costo*" con el que debe ser multiplicado cada costo unitario directo de cada concepto de obra, y obtener al final el costo unitario de venta que permitirá estimar el monto base con el cual las autoridades del MTI, pueden convocar a las empresas constructoras para ejecutar la obra. Para este caso el factor de sobre costo es de 1.2111.

9.2. Costos indirectos

Los costos indirectos, son todos aquellos costos que no están asociados directamente con alguna tarea de la obra, es decir, no intervienen de forma directa en obtener un producto terminado, sin embargo, son necesarios para realizar las gestiones y controles administrativos, legales, de logística, entre otros.

El costo indirecto se define como: "la suma de las actividades, Preliminares y Gastos de Plantel, Salarios de Personal Indirecto, Administración y equipo de apoyo, Viáticos y prestaciones sociales e imprevistos, entre otros", necesario para la realización de un proceso productivo".

9.3. Informe de mantenimiento

Un proyecto de mejoramiento de carretera como el que se tiene programado para ser ejecutado en un futuro próximo, no debe limitarse tan sólo a la ejecución de las obras que fueron diseñadas, una vez concluida es importante que el administrador de la obra ponga en práctica un plan de mantenimiento sostenible que asegure el buen estado de la vía durante todo el año y para el horizonte de vida útil para el que fue diseñado.

De esta manera, el consultor ha elaborado una propuesta para que sea aplicado en el futuro mantenimiento del camino.

Este plan fue realizado para las dos alternativas que fueron analizadas:

- Alternativa número 1: Pavimento de Concreto Hidráulico – Losas Cortas
- Alternativa número 2: Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente

En ambas alternativas, el plan de mantenimiento se realizó según el funcionamiento del sistema denominado HDM-4 versión 2.09. Para los dos casos se estima que se aplique un mantenimiento rutinario en periodos anuales, es decir,

el primer mantenimiento debe ser ejecutado al primer año una vez que el proyecto haya sido finalizado.

Asimismo, se ha estimado que es necesario aplicar un mantenimiento con mayores alcances, lo que representa una mayor inversión. Este mantenimiento es denominado como periódico, y se parte de que con la puesta en servicio el camino sufrirá un mayor deterioro, requiriendo por lo tanto de una mayor atención.

El plan de mantenimiento ha sido organizado conforme a los requerimientos y estándares establecidos en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras conocido como SIECA, última edición que fue editada en el año 2,010, complementado con las Especificaciones Técnicas NIC - 2000.

Asimismo, se tomó en cuenta las técnicas y estrategias con que ha venido trabajando el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV) en los últimos años. Cabe señalar que este consultor ha participado activamente en los proyectos impulsados por esta institución, supervisando varios de ellos, lo que ha permitido obtener experiencia que ha sido de gran utilidad para elaborar la propuesta del plan de mantenimiento que proponemos en esta oportunidad. Asimismo, se realizó el cálculo para estimar el monto que representa aplicar el mantenimiento para el escenario “sin proyecto”, que es imprescindible para el análisis técnico económico del proyecto. Para cada alternativa se efectuó según cada actividad el cálculo de su costo unitario, estimado de sus costos indirectos, componentes de costos directos, utilidad, administración etc.

Para comprender mejor lo referido a los costos de mantenimiento en los Anexos-VII, se presentan el desglose de los cálculos que fueron realizados para estimar el monto requerido para los escenarios Con y Sin Proyecto.

9.4. Dos alternativas de solución

En cumplimiento con lo establecido en los términos de referencia, se realizó el análisis para dos alternativas de solución con el objeto de investigar en términos económicos y técnicos cuál de estas propuestas es la más favorable. De esta manera se estudió las siguientes alternativas para un horizonte de vida útil de 20 años:

- Alternativa número uno: Estructura de pavimento formada por una base triturada estabilizada con cemento y como rodamiento: Concreto Hidráulico.
- Alternativa número dos: Estructura de pavimento formada por una subbase triturada y una base triturada estabilizada con cemento y como rodamiento: Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente.

9.5. Periodo de Diseño 20 años.

Se realizó una evaluación completa para definir cuál de las dos propuestas ofrece a la vía mejor funcionamiento, facilidad de construcción, garantía en el cumplimiento de las especificaciones técnicas y tiempo de ejecución, durabilidad, y que a su vez represente una mayor rentabilidad en la inversión.

Atendiendo la información recopilada y a la experiencia obtenida en el ramo, la segunda alternativa no representa ningún inconveniente respecto a su funcionamiento, facilidad de ejecución y cumplimiento de las especificaciones técnicas. Sin embargo, no podemos expresar lo mismo de la alternativa No.1 - Concreto Hidráulico, debido a que su aplicación requiere de experiencia para construir este tipo de vías, por lo que su implementación obedecería a toda una estrategia impulsada por el estado nicaragüense a través del MTI, como respuesta a objetivos específicos definidos en el corto, mediano y largo plazo. No obstante, es importante resaltar que en los últimos años se han venido implementado este

tipo de tecnología, por lo que podríamos decir que ya se cuenta con cierta experiencia en este tipo de carreteras.

Según lo explicado en el párrafo anterior el problema se centró en investigar el costo de inversión y de mantenimiento que se requiere para cada una de las alternativas. Con este resultado se realizó el análisis “*Técnico - Económico*” para las dos alternativas y para un horizonte de vida útil de 20 años.

Respecto al tiempo de ejecución, las dos alternativas, carpeta asfáltica en caliente y concreto hidráulico losas cortas, son similares, puesto que se ejecuta con equipos mecanizados, por lo que, en términos prácticos, el tiempo de ejecución se puede considerar igual.

Para realizar el análisis desde el punto de vista meramente de los costos, se partió básicamente en comparar la relación que existe entre las cantidades de los conceptos de obras involucrados en la estructura de pavimento, dado que estas

son las que varían, que resultó según la sección típica de cada propuesta. Posteriormente, se insertaron dentro del pliego formulado para el diseño completo del proyecto, esto es analizando de forma integral con los conceptos de obra tales como los referidos la construcción del drenaje menor, obras misceláneas, señalización, etc.

Una vez realizado este proceso se pudo obtener el monto estimado de la inversión que se requiere para cada una de las dos alternativas, y para un horizonte de vida útil de 20 años.

9.6. Selección de la mejor alternativa

Con la información obtenida según se explicó previamente, se efectuó el análisis Técnico – Económico del proyecto, concluyendo que la alternativa que ofrece los mejores índices económicos rentables es el número uno “Pavimento de Concreto Hidráulico – Losas Cortas”, para un horizonte de vida útil de 20 años.

Por lo tanto, en este documento la información que se presenta respecto al cálculo de los costos es a la alternativa seleccionada, es decir, nos referimos al desglose de los costos directos y los costos indirectos, listado de equipos y su correspondiente cálculo de la renta horaria, listado de materiales, lista de cantidades y precios, presupuesto base, desglose de la prestación social, memoria del cálculo de sus costos unitarios, entre otros. Dicho de otro modo, respecto a la alternativa de carpeta de concreto asfáltico en caliente, solamente se incorpora en este informe el monto estimado de su inversión para los diferentes horizontes de vida útil, así como los costos de mantenimiento, que consideramos es lo más importante.

9.7. Presupuesto Base del Tramo: EL Boquete- Santa Ana

Una vez que se decidió realizar el diseño conforme a la primera alternativa, concreto hidráulico – losas cortas, se montó el sistema definitivo para determinar el presupuesto base. Respecto a dicho presupuesto podemos acotar lo siguiente:

El costo directo calculado para el Proyecto es de C\$ C\$ 699,488,690.44 (sin impuestos), equivalente a US\$ 1,662,864.70, el kilómetro, utilizando una tasa cambiaria de C\$34.88 Córdobas por cada dólar estadounidense.

Tomando en cuenta la localización geográfica y condiciones propias del proyecto, así como ciertos aspectos organizativos y de logística, fueron estimados los Costos Indirectos en C\$ 58,649,799.79, monto que representa el 9.85 % de los

costos directos, que dada las características de este proyecto consideramos que dicho porcentaje es adecuado. Es importante destacar que dentro de los costos indirectos se ha tenido la previsión de incluir los costos de seguros y fianzas exigidos en los documentos contractuales, costos de higiene y seguridad ocupacional, entre otros, así como los costos que representan la administración central de una empresa constructora, en este caso se consideró 5% sobre el monto directo de la inversión.

El cálculo de los costos indirectos y la fijación del factor de las utilidades que ha sido estimado en un 5% produjeron un factor de sobre costo de 1.2111 sobre el costo directo para obtener el costo de venta, sin impuestos.

Así mismo, se incluye un monto adicional de C\$1, 500,000.00 para trabajos de administración, con el objetivo de prever cualquier imprevisto que pudiera salirse de alguna de las consideraciones contempladas para este diseño. También fue incluido un monto de C\$9, 880,071.54, para cubrir gastos relacionados con el programa de manejo ambiental y social. Asimismo, fue incluido un monto fijo de C\$2,500,000.00 para realizar pagos al contratista en caso que durante la ejecución del proyecto se venza el tiempo fijado como afectación de lluvias y sus efectos, también fue incluido un monto de C\$1,000,000.00, para cubrir los gastos que se presentaran para reubicar y/o reparación de las tuberías de agua potable.

Se ha tomado la previsión de estimar un monto para cumplir con lo establecido en la Ley 737 Artículo 262 - "Revisión de Precios", en caso que se presente durante la ejecución del proyecto variación en los precios base que fueron fijados. El porcentaje para el "Ajuste de Precios" estimado, es de un tres (3) por ciento, y da como resultado un monto de C\$ 21,633,670.84.

El monto estimado de la inversión por tanto es de C\$ 721,122,361.28 sin impuestos y con escalamiento, derivándose que el costo de cada kilómetro es de US\$ 1,714,293.50 sin impuestos y con escalamiento. Al aplicar sobre el costo

(incluyendo escalamiento) el 1% en concepto de impuestos municipales, 15% en concepto del IVA, se obtiene un costo total de C\$ 837,583,622.63 para un costo total por kilómetro de US 1,991,151.90 C/l.

9.8. Costo de Supervisión.

Los costos para supervisar las obras del Camino El Boquete – Santa Ana de 12.48km de longitud, han sido estimados en C\$18, 350,137.792, equivalente a US\$37,578.10 el mes.

El costo total estimado del proyecto, incluyendo lo requerido para la supervisión es de C\$ 739,472,499.07, sin impuestos y con escalamiento, lo que representa un costo de US21, 175,696.97, equivalente a US 1, 755,862.10, por kilómetro.

9.9. Conclusiones.

De acuerdo a los objetivos planteados de este trabajo investigativo (tesis). En el análisis de dos alternativas de diseño de asfalto y concreto hidráulico. En un diseño ya establecido de la carretera boquete – Santa Ana con una longitud de 12.059 Km. Acorde a la investigación realizada en dicho tramo evaluando y comparando las diferentes capas de asfalto y concreto para determinar la opción más conveniente. Ajustadas a las condiciones del diseño del tramo. Tomando en cuenta la aplicación de la guía de diseño de estructuras de pavimento del método AASHTO, versión 1993 y 1998. Valores de carga derivados en función del TPDA, la tasa de crecimiento de la revisión y actualización de estudio de tráfico justo a todo el análisis que se describe en el documento de la investigación.

Se observa en base al estudio comparando las dos propuestas de Asfalto y concreto Hidráulico ajustadas al diseño de la obra en cuestión el concreto resulta ser la alternativa más conveniente al momento de ejecutar la obra.

Desde el punto de vista técnico-económico existe un 6% de diferencia entre ambos presupuestos, habiendo estudiado mantenimientos y costos según las alternativas, siendo así el pavimento rígido o concreto hidráulico el más viable en cuanto al estudio técnico-económico.

Se selecciono el pavimento rígido concreto Hidráulico de acuerdo al presupuesto como una propuesta de construcción para la vía.

En base a lo antes mencionado y a estudios existentes de medios mencionados en el desarrollo de la investigación. Concluimos que la alternativa seleccionada **concreto hidráulico**, resulta ser la alternativa más idónea por ser duradera y de menos costos al momento de mantenimientos, evaluados para un periodo de Diseño de 20 años y comparados en ambas alternativas.

9.10 Recomendaciones.

Recomendamos utilizar la estructura de pavimento de concreto hidráulico, es técnica y económicamente más viable y se recomienda su aplicación para esta obra en las dimensiones de espesores siguientes:

Tabla #31. Diseño elegido para el espesor de pavimento rígido (concreto hidráulico).

Sin Dovelas y con apoyo lateral	Losa de concreto (cm)	Base estabilizada con cemento (cm)
20 años	18.00	15.00
15 años	16.00	15.00
10 años	15.00	15.00

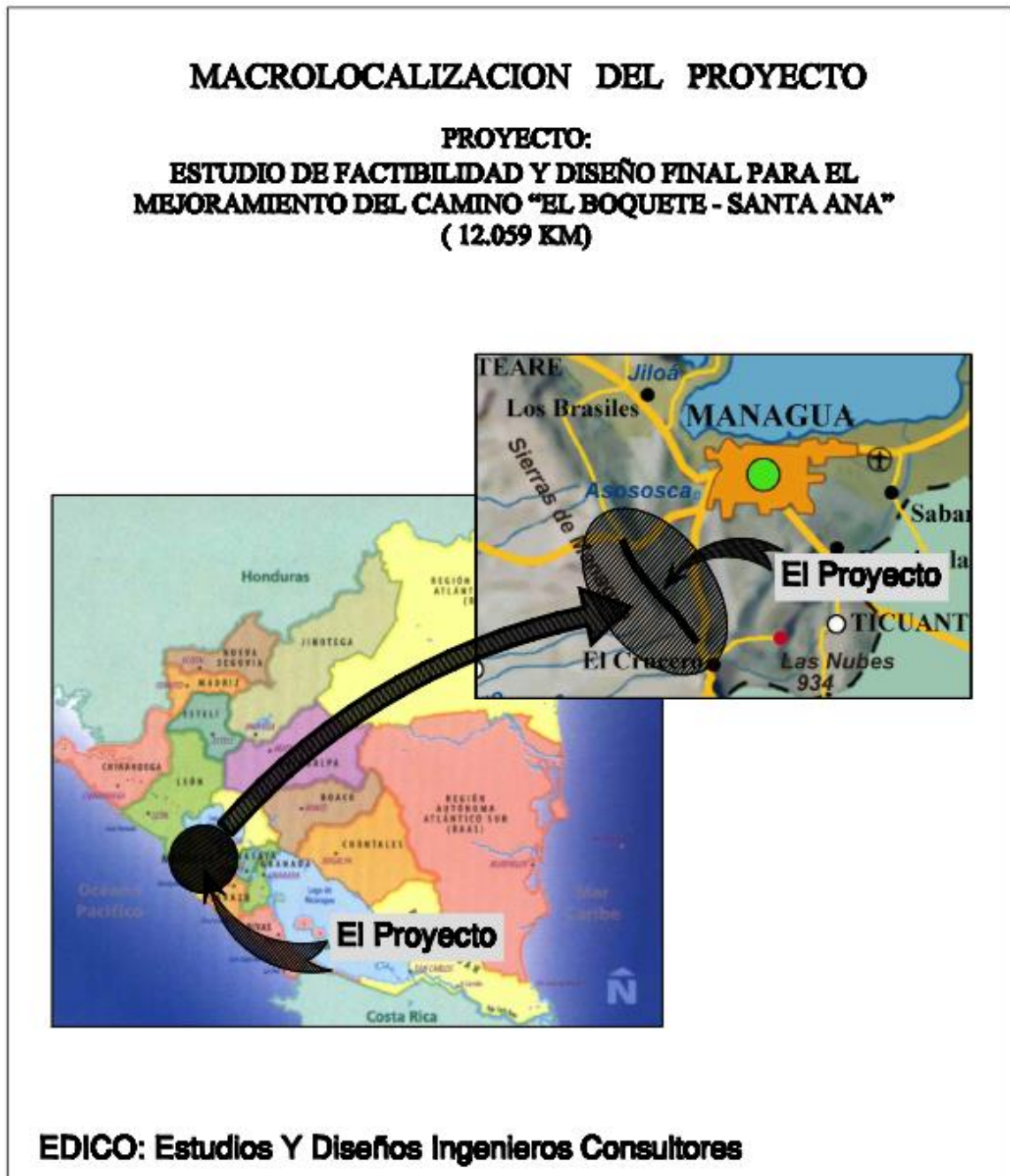
Fuente: Propio

En la etapa de construcción, se debe de actualizar los costos de los materiales, equipo y mano de obra.

Tomar en cuenta las especificaciones, y los planos de diseño, como principal guía para la construcción de la obra vial así también como otras obras de la misma implementación que puedan servir como guía para la construcción de este tramo de carreter

ANEXOS

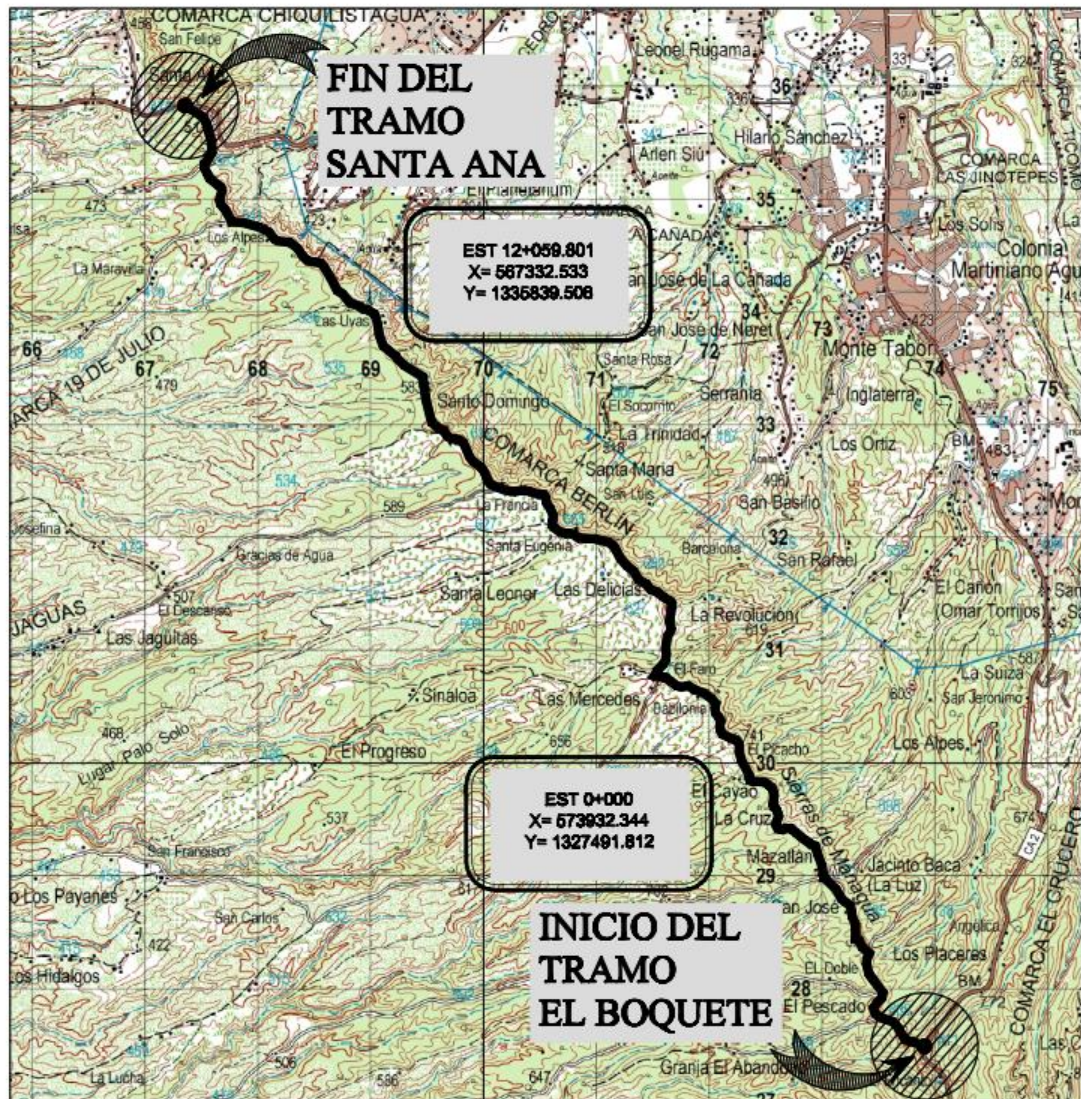
Anexo I. Mapa de macro localización y micro localización



Anexo II. Micro localización del proyecto

MICROLOCALIZACION DEL PROYECTO

PROYECTO:
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL PARA EL
MEJORAMIENTO DEL CAMINO “EL BOQUETE - SANTA ANA”
(12.059 KM)



EDICO: Estudios Y Diseños Ingenieros Consultores

Anexo III. Geología del sitio y alrededores.

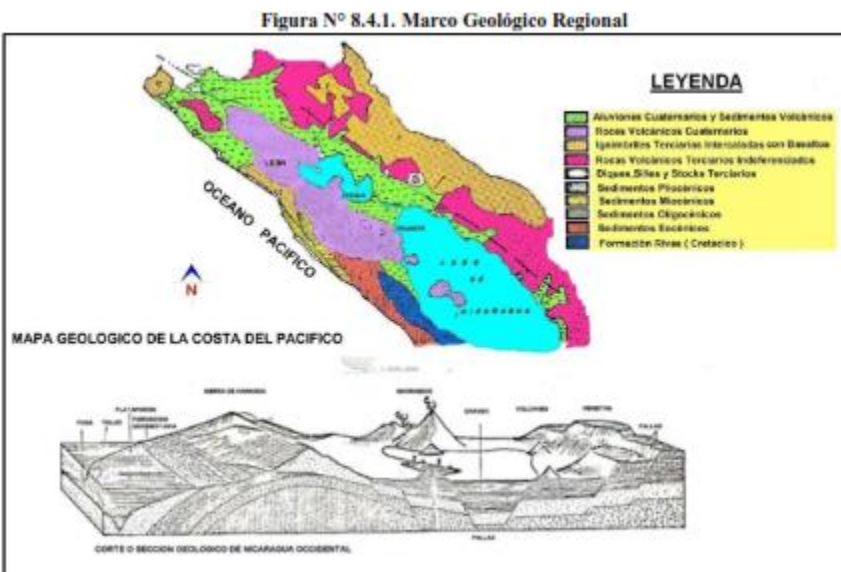
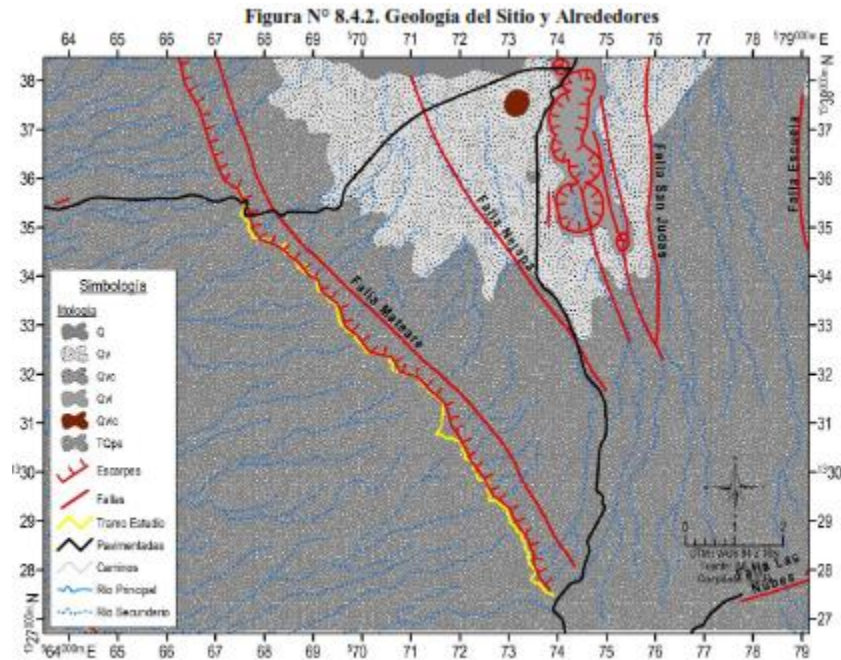


Figura N° 8.1.1. Provincias Geomorfológicas de Nicaragua (modificado de Hodgson en Moore 2001)



Figura N° 8.4.3. Modelo del Graben de Managua, al oeste la Falla Mateare (Espinoza, 2007)

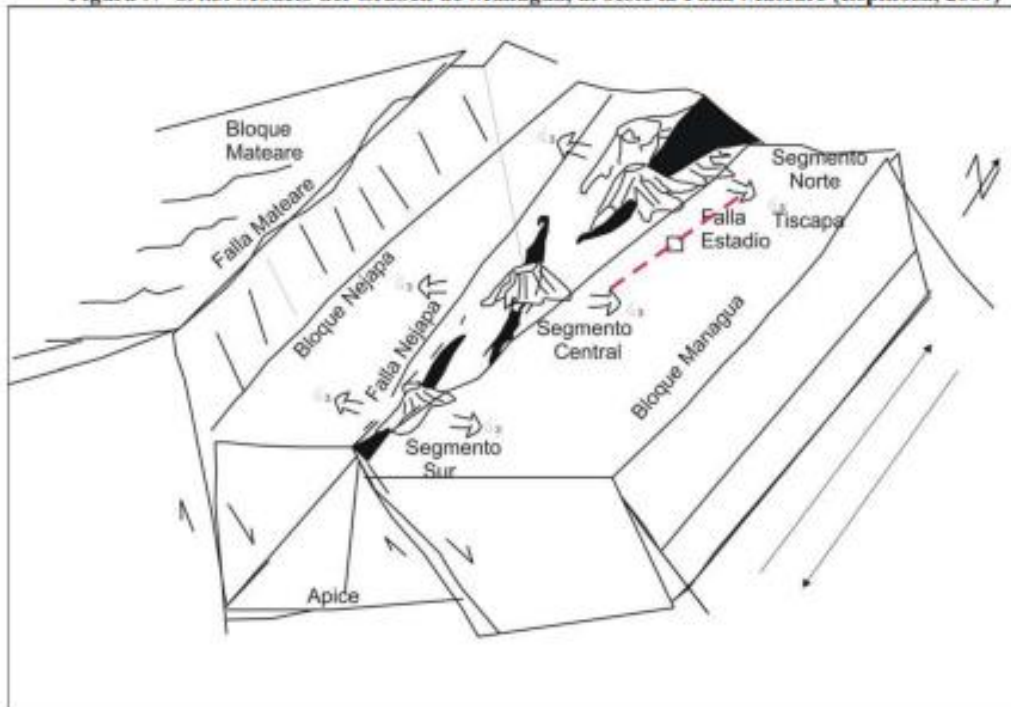
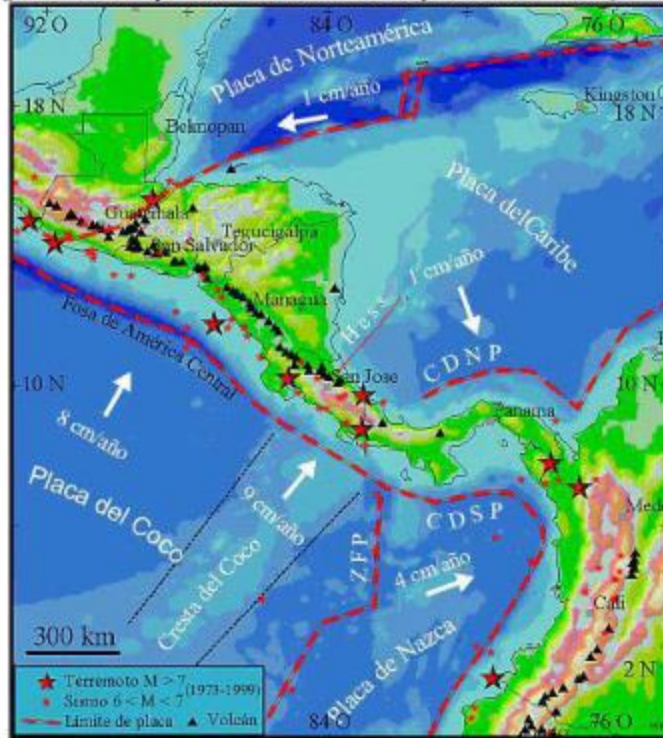
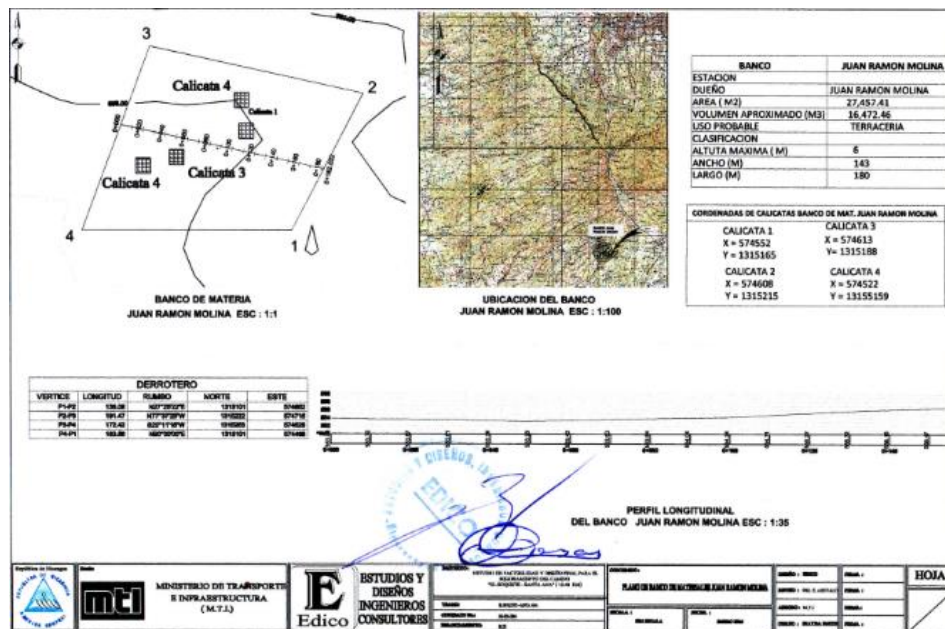


Figura N° 8.3.2. Mapa tectónico de Centroamérica y Placas relacionadas (INETER)

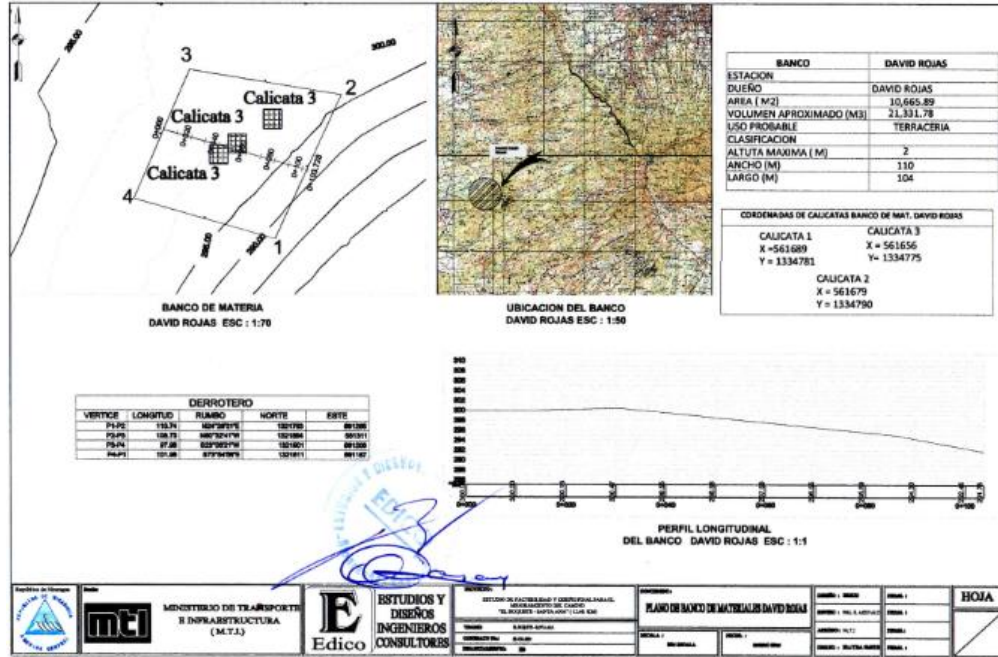


Anexo IV. Bancos de materiales existentes

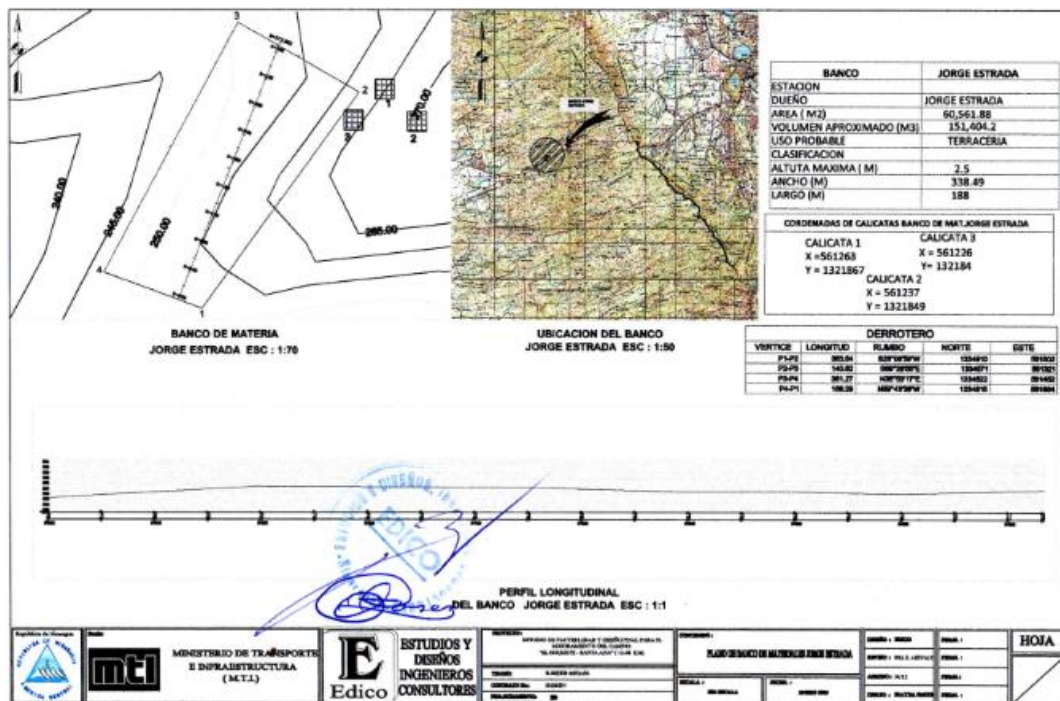
Perfil longitudinal del banco en propiedad del Sr. Juan Ramon Molina



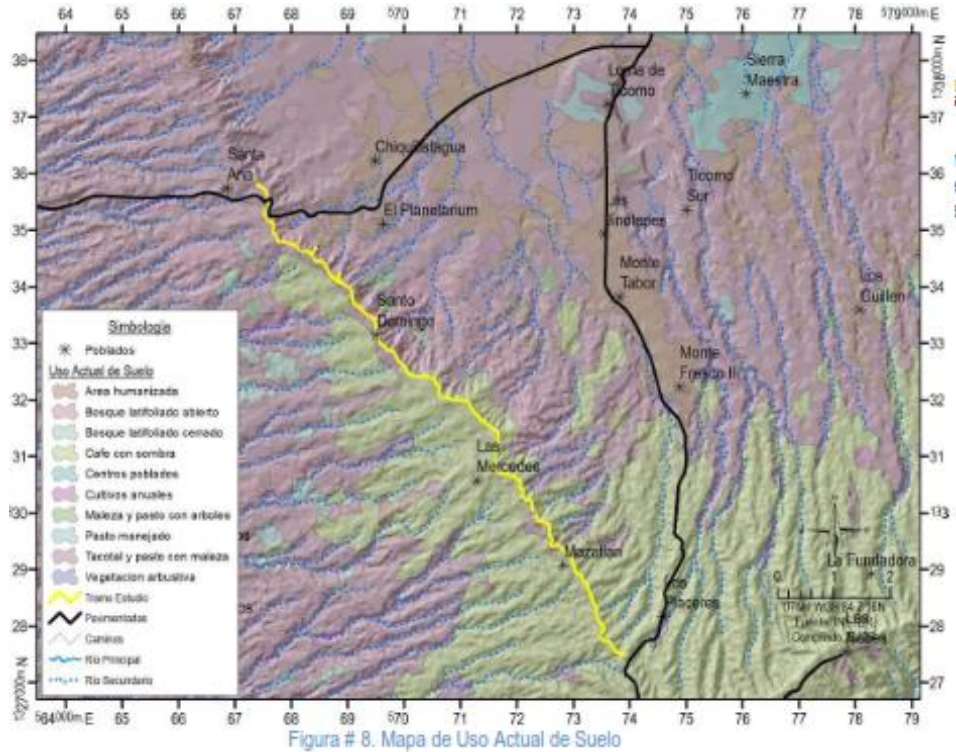
Perfil longitudinal del banco en propiedad del Sr. David Rojas



Perfil longitudinal del banco en propiedad del Sr. Jose Estrada



Anexo V. Mapa de uso potencial del suelo y recursos naturales.



Anexo VI. Tabla de estaciones pluviométricas de Ineter.

Tabla 1. Estaciones Pluviométricas cercanas al tramo de carretera (INETER)

Estación	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Tipo	Período de registro (años)	Distancia al área de estudio (km)
	Este	Norte				
La Primavera	581791.98	1328754.03	600	PV	1963 - 2005	7.95
Casa Colorada	575301.01	1324620.77	910	PV	1963 - 1999	3.16

PV = Pluviométrica

Tabla 2. Criterios para Clasificación del año según la precipitación anual.

Tipo de Año	Condición
Seco	Relación precipitación anual/promedio multianual menor del 85%.
Normal	Relación precipitación anual/promedio multianual entre 85% y 115%.
Lluvioso	Relación precipitación anual/promedio multianual mayor de 115%.

Tabla 3. Lista de años con clasificación seca, normal y lluvioso:

Año	mm	¹ Relación		Clasificación	² Exceso o Déficit	³ Acumulado
		Directa	%			
1963	1486	0.85	85	Normal	-264	0
1964	1645	0.94	94	Normal	-105	-369
1965	1465	0.84	84	Normal	-285	-654
1966	2196	1.25	125	Lluvioso	446	-208
1967	1416	0.81	81	Seco	-334	-543
1968	2283	1.30	130	Lluvioso	533	-9
1969	2425	1.39	139	Lluvioso	675	666
1970	1708	0.98	98	Normal	-42	624
1971	1700	0.97	97	Normal	-51	573
1972	798	0.46	46	Seco	-952	-378
1973	1698	0.97	97	Normal	-52	-430
1974	1292	0.74	74	Seco	-458	-888
1975	3790	2.17	217	Lluvioso	2040	1151
1976	654	0.37	37	Seco	-1096	55
1977	816	0.47	47	Seco	-934	-879
1978	1095	0.63	63	Seco	-655	-1534
1979	2800	1.60	160	Lluvioso	1050	-484
1980	1562	0.89	89	Normal	-188	-672
1981	1828	1.04	104	Normal	78	-594
1982	2073	1.18	118	Lluvioso	323	-272
1983	1009	0.58	58	Seco	-741	-1013
1984	1322	0.76	76	Seco	-428	-1441
1985	1523	0.87	87	Normal	-227	-1668
1986	1993	1.14	114	Normal	243	-1425
1987	1462	0.84	84	Normal	-289	-1713
1988	2437	1.39	139	Lluvioso	687	-1026
1989	1529	0.87	87	Normal	-221	-1248
1990	1412	0.81	81	Seco	-338	-1586
1991	1359	0.78	78	Seco	-391	-1976
1992	895	0.51	51	Seco	-855	-2832
1993	2292	1.31	131	Lluvioso	542	-2290
1994	947	0.54	54	Seco	-804	-3093
1995	2166	1.24	124	Lluvioso	416	-2677
1996	1835	1.05	105	Normal	85	-2592
1997	1008	0.58	58	Seco	-742	-3334
1998	2408	1.38	138	Lluvioso	658	-2676
1999	1986	1.13	113	Normal	236	-2440
2000	1729	0.99	99	Normal	-21	-2462
2001	1575	0.90	90	Normal	-175	-2636
2002	2424	1.38	138	Lluvioso	674	-1963
2003	1826	1.04	104	Normal	76	-1887
2004	1974	1.13	113	Normal	224	-1663
2005	3417	1.95	195	Lluvioso	1667	4
Promedio	1750.1					
Mínimo	654.0					
Máximo	3789.6					

¹ Relación = Precipitación Anual entre promedio multianual

² Exceso o déficit = Precipitación anual menos el promedio multianual

³ Acumulado = Sumatoria algebraica de los excesos o déficit

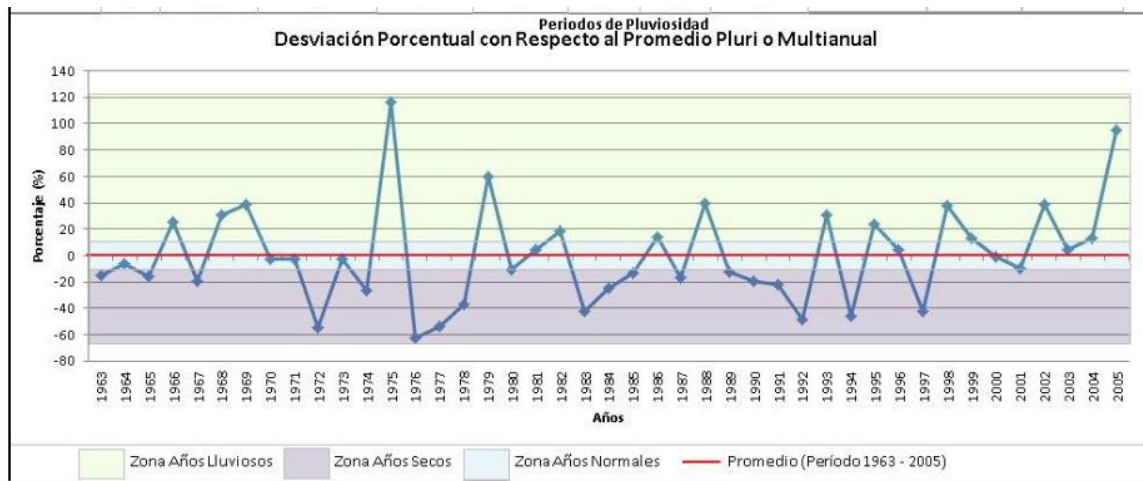
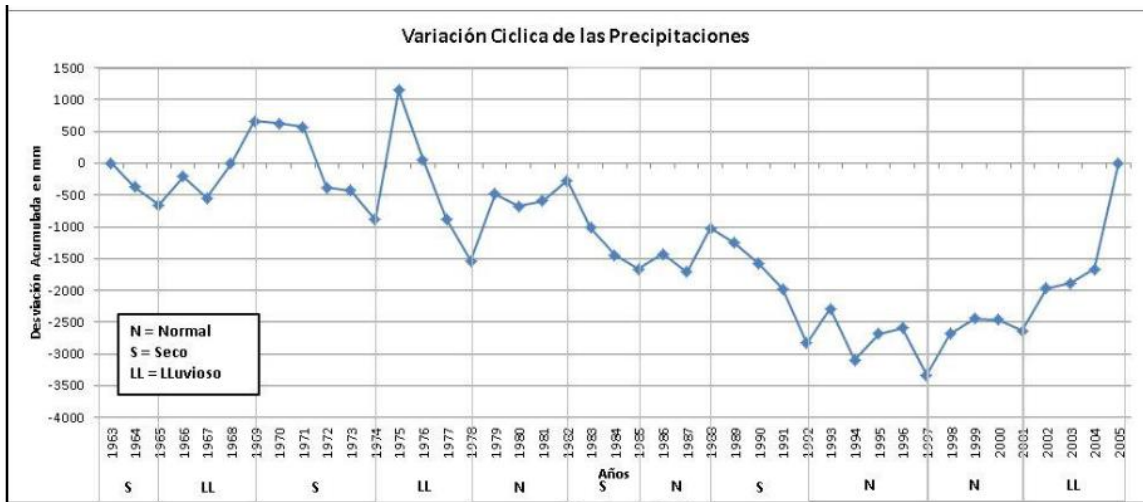
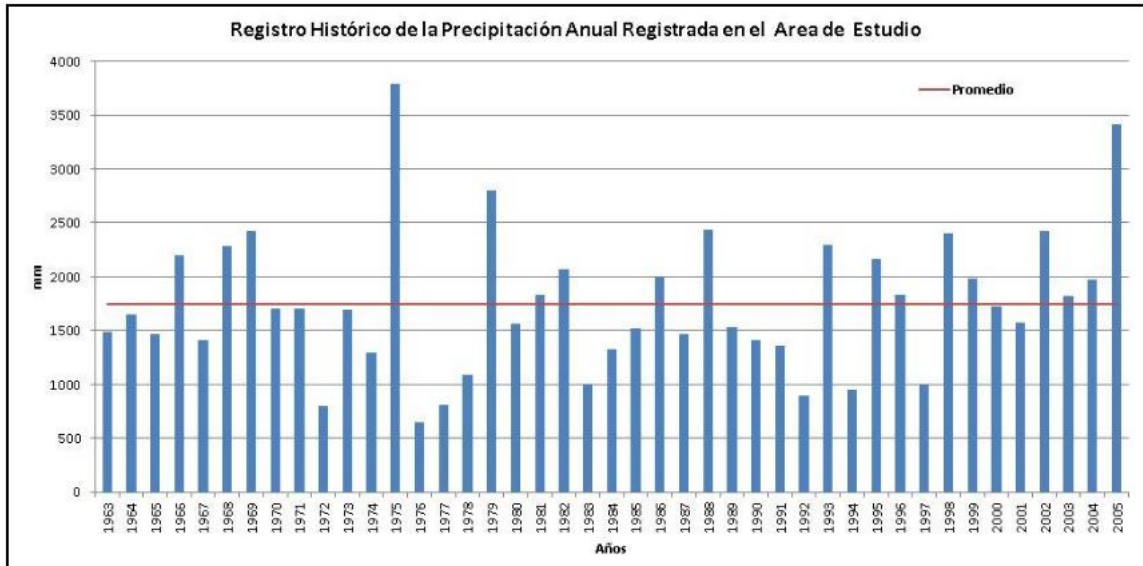


Figura # 9. Histórico y variación de precipitaciones y desviación estándar

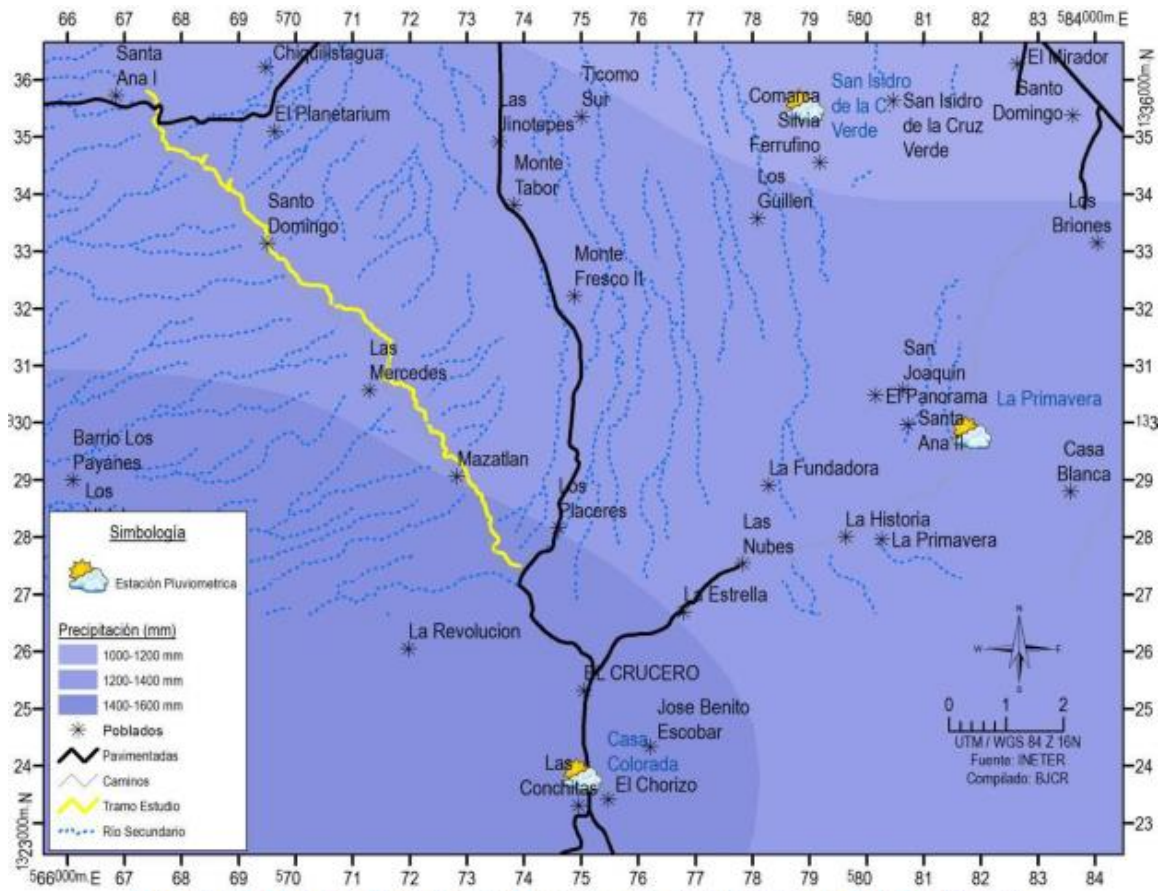


Figura # 10. Mapa de Precipitación Media Anual y Localización de Est. Pluviométrica

Anexo VII. Mapa de zonificación sísmica de Nicaragua 2012.

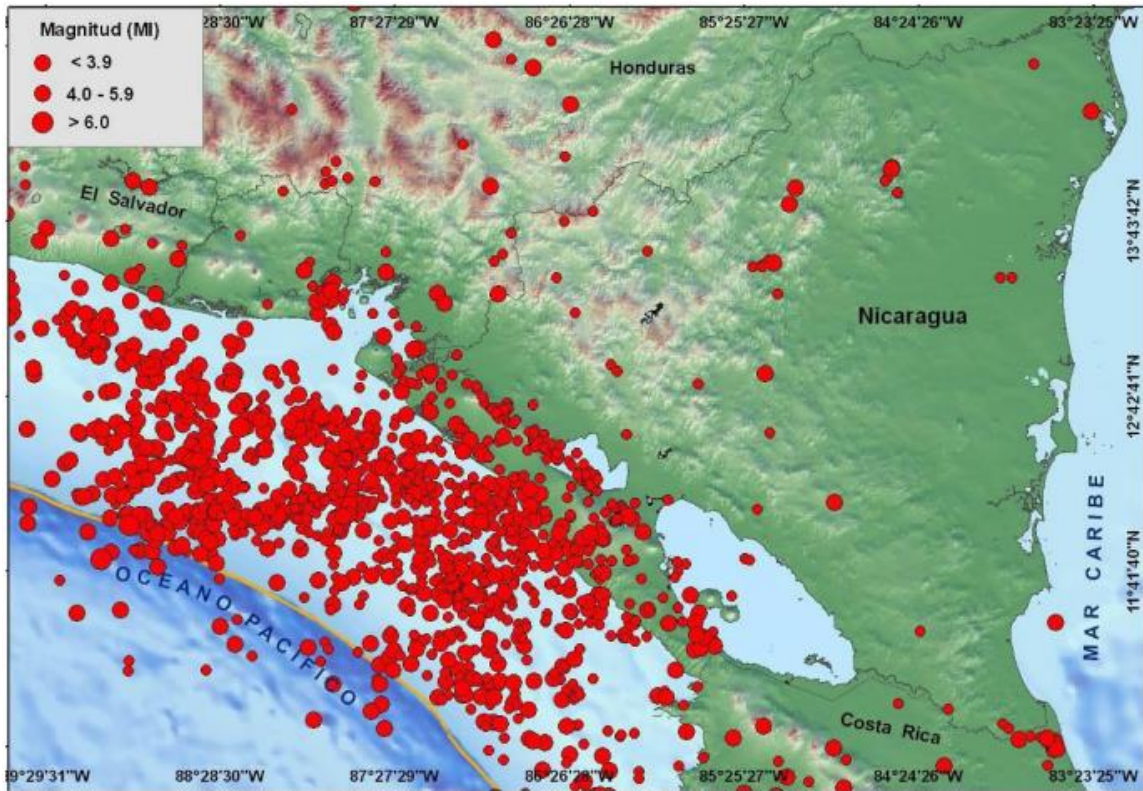


Figura # 13. Mapa con sismos de magnitud ML \Rightarrow 3.5 registrados en 2012



Figura # 14. Mapa de Zonificación Sísmica de Nicaragua (INETER, 1995)

Anexo VIII. Mapa de relieve.

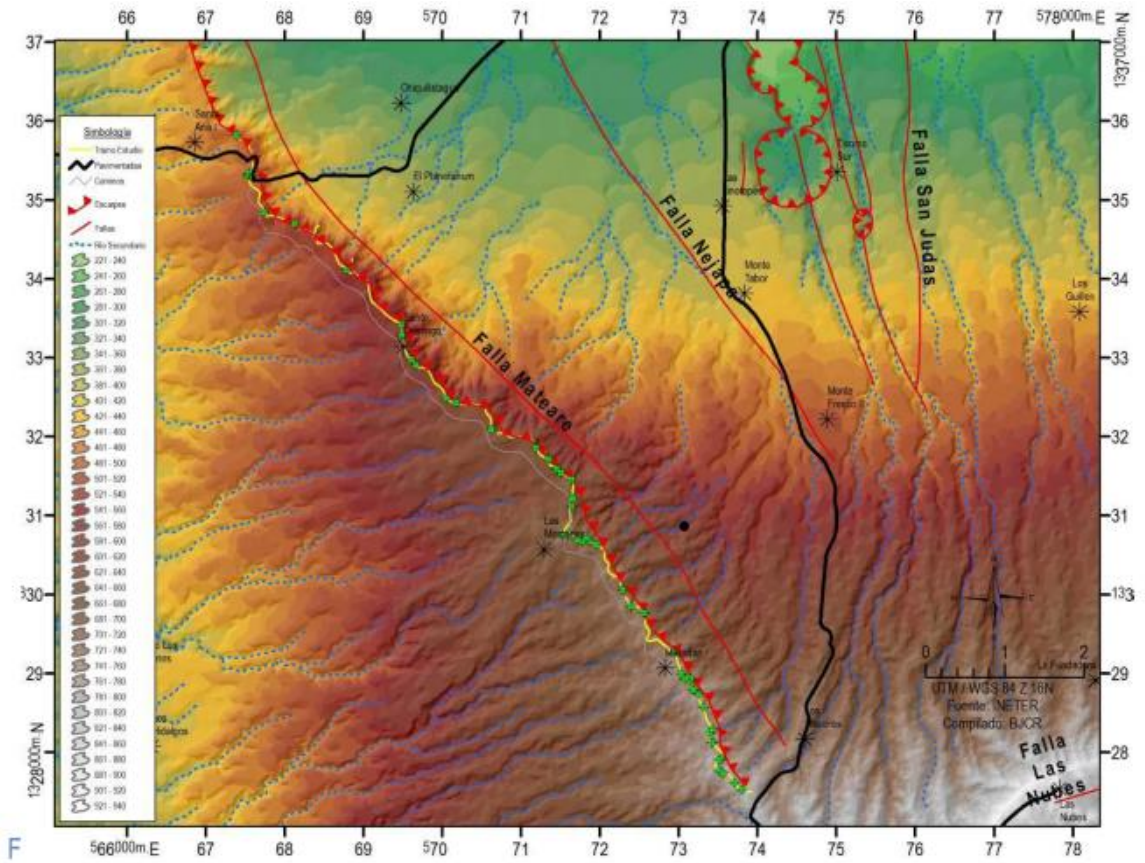


Figura # 15. Mapa de Relieve

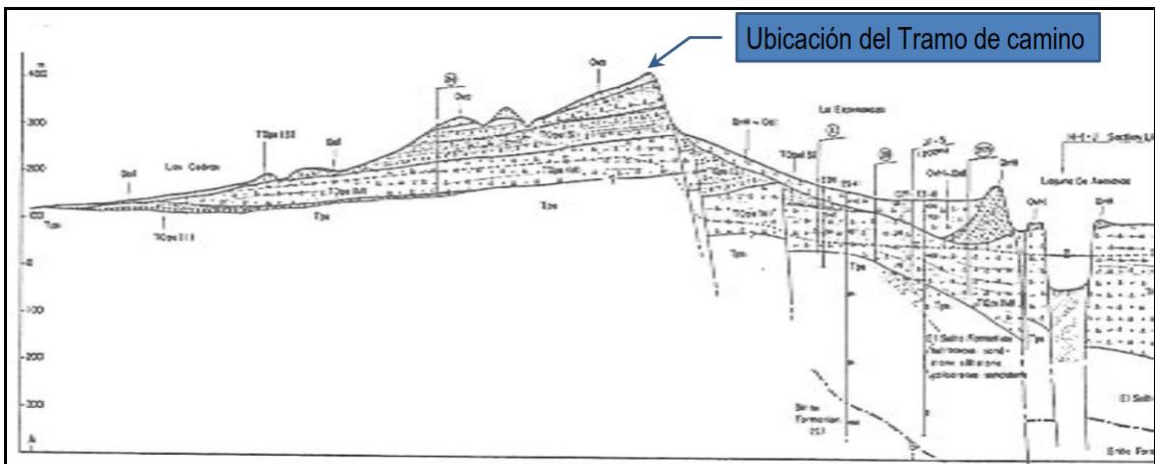
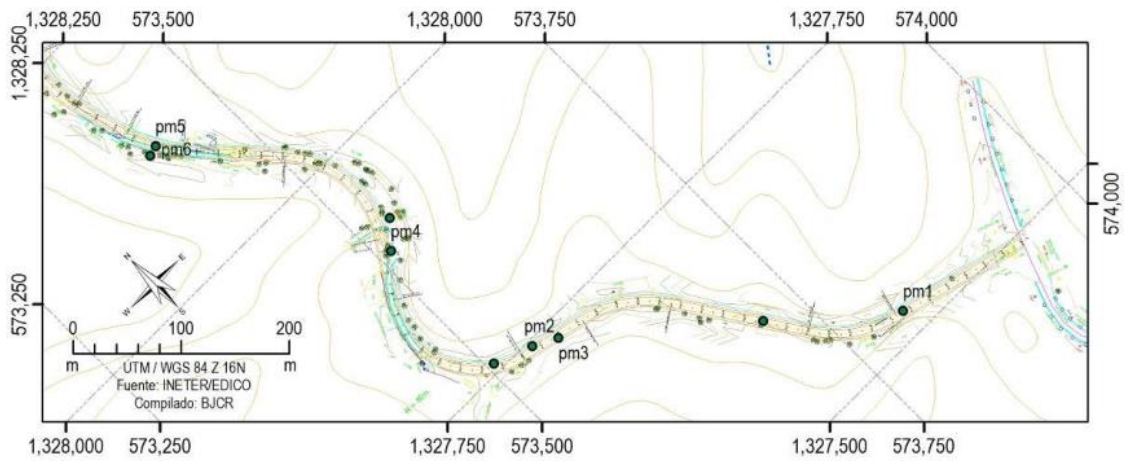


Figura # 16. Sección Geológica y Perfil Generalizado, Este-Oeste

Anexo IX. Fotografías del camino El boquete – Santana.



Pm1. a 130m de empalme El Boquete. Sección angosta. Escarpe a ambos lados.



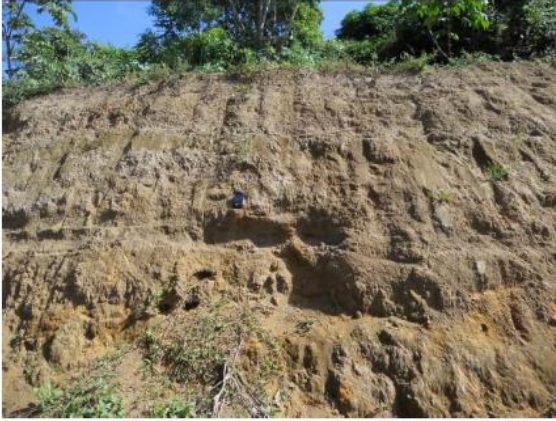
Pm1. Vulnerable a erosión hídrica a ambos lados. Sustrato arenoso. Construir sistema de contención para ampliar sección de carretera



Pm2 y pm3. Puntos vulnerables a erosión hídrica. Rasante actual de camino constituida por material vulnerable a erosión. Revestir camino y dotar de obras de



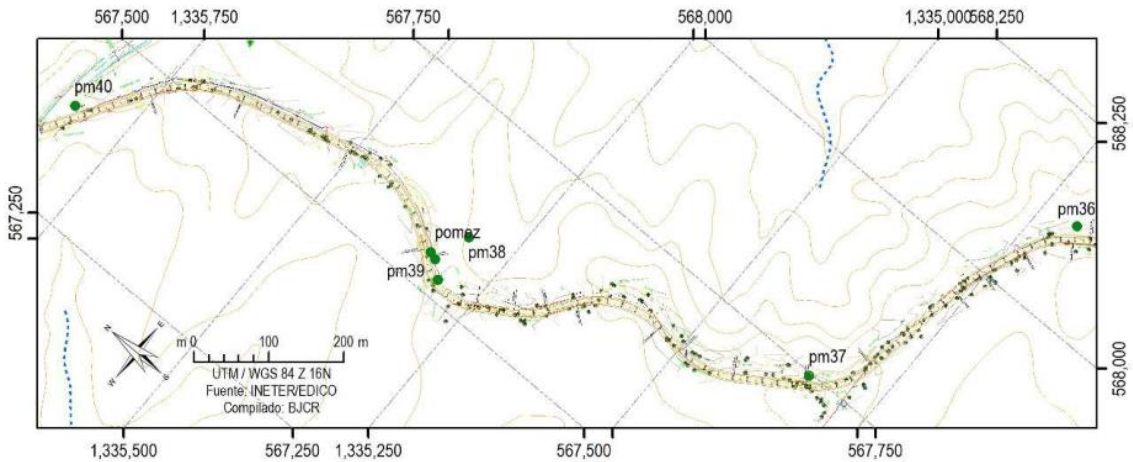
Pm4. Evidencia de deslizamiento superficial, punto relativamente estable. Vulnerabilidad por inestabilidad del sustrato. Remover capa inestable.



Pm21. Estratigrafía común en el tramo de camino. Secuencia de piroclastos y suelos residuales. Depósitos de piroclastos del Masaya y Apoyeque. Evidencia de amenaza volcánica.



Pm21. Tramo vulnerable a erosión hídrica. Evidencia de erosión fuerte en surco con profundidad de 80cm. Reconstruir sección de camino, compactar adecuadamente y revestir calzada con concreto hidráulico, construir cunetas.

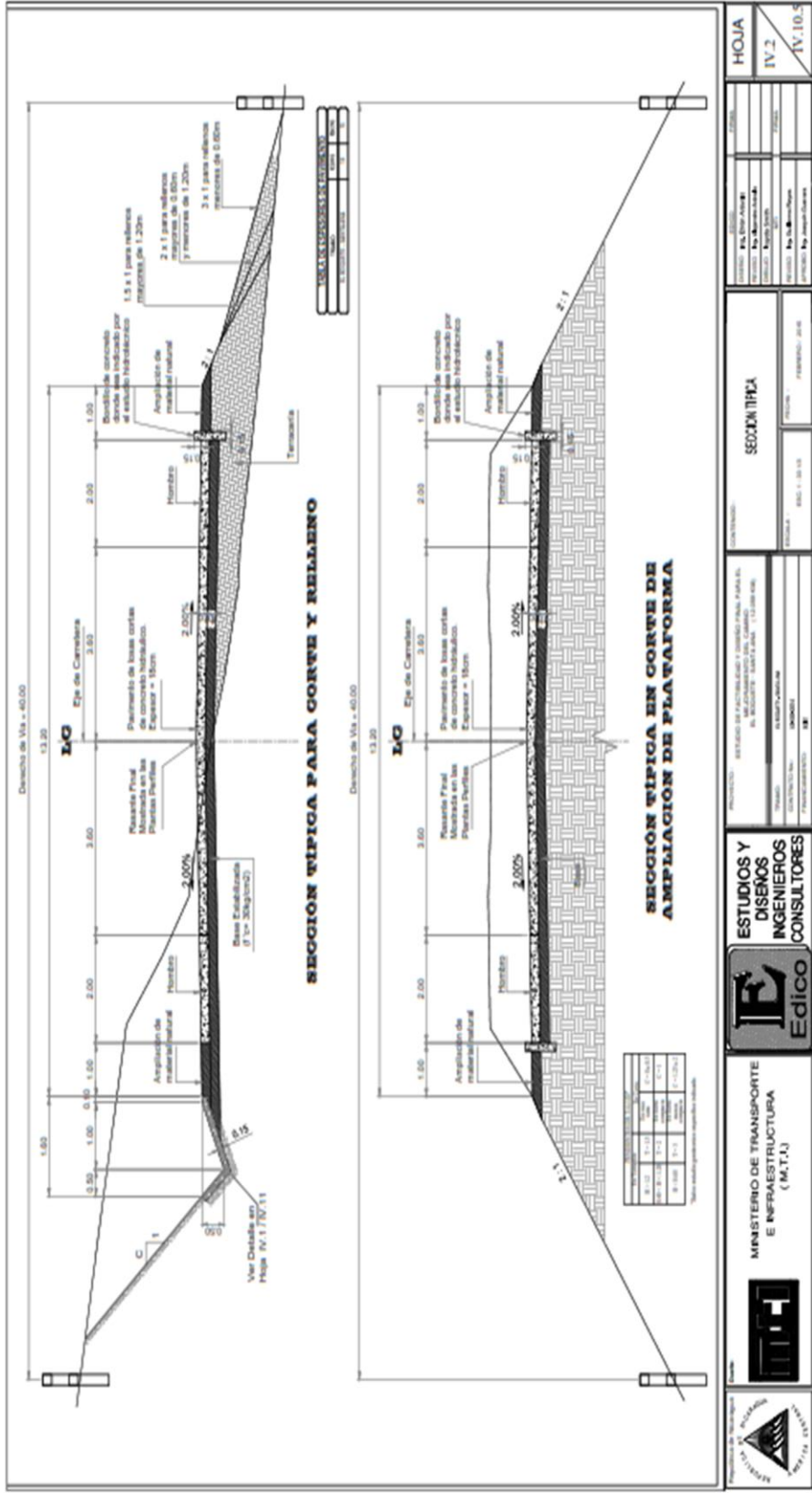


Pm39 a pm40. Evidencia de erosión. Rasante actual de camino vulnerable a erosión hídrica y contaminación por desechos sólidos. Revestir camino y construir cunetas.



Pm40. Fin de tramo en estudio. Extremo de camino localizado en comarca Santa Ana.

Anexo X. Sección típica de carretera



<p>MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA (MTI)</p>	<p>ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES Edico</p>	<p>PROYECTO: REVISIÓN DE PLANOS Y DISEÑO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA DE BARRIO LA CAJONERA AL BARRIO LA CAJONERA, SECTOR LA CAJONERA, MUNICIPIO DE LA CAJONERA, GUAYAMA, P.R.</p>		<p>HOJA IV.2</p>
		<p>SECCION TÍPICA</p>		<p>IV.10.5</p>

Anexo XI. Ensayos de suelos representativos.

INFORME DE ENSAYES DE SUELOS

PROYECTO: EL BOQUETE – SANTA ANA.

FECHA	02/12/2014
MUESTRA	3
ESTACION	0+000
DESVIACIÓN	
PROFUNDIDAD(m)	0.80 – 1.70
SONDEO	1

GRANULOMETRIA

% QUE PASA TAMIZ	3"	100				
	2"	92				
	1 ½"	92				
	1"	92				
	¾"	91				
	3/8"	88				
	No.4	79				
	No.10	71				
	No.40 (a)	49				
	No.200(b)	30				
Relación de Finos: (b)/(a)		0.61				

LIMITES DE ATTERBERG

Limite Líquido	40				
Índice de Plasticidad (%)	4				
Contracción Lineal					

CLASIFICACION

Clasificación H.R.B.	A-2-4(0)				
Clasificación de Casagrande					
% CBR. Aproximado 95%	33				

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol. Suelto (Kg/m3)	1039				
Peso Vol. Varillado (Kg/m3)	1140				
Peso Vol. Seco Máximo (kg/m3)	1390				
Humedad Óptima (%)	25.1				
Humedad Natural (%)	24.0				
Factor de Abundamiento (%)	1.34				

OBSERVACIONES:

Ninguna.

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: EL BOQUETE – SANTA ANA

CAMINO:

ENSAYE No. EFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 3 CÁLCULO: M.B.

COTEJO: M.B.

FUENTE DEL MATERIAL: Est. 0+000

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	¾		3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	91		88	79	71	49	30

LIMITE LIQUIDO 40

INDICE DE PLASTICIDAD 4

CLASIFICACION S.U.C.S. A-2-4(0) EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1390 kg/m ³
HUMEDAD OPTIMA	25.1 %

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:		DINAMICA	
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kg/m ³)	1251	1321	1390
C.B.R. SATURADO	26	33	39
HINCHAMIENTO (%)	0.17	0.14	0.12
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES: Ninguna.			

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: EL BOQUETE – SANTA ANA	
CAMINO:	
ENSAYE No.	EFFECTUADO POR: O.C.
MUESTRA No. 1	CÁLCULO: M.B.
COTEJO: M.B.	
FUENTE DEL MATERIAL: Est. 8+514	

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	¾	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	100	100	94	88	72	57

LIMITE LIQUIDO 41 INDICE DE PLASTICIDAD 3

CLASIFICACION S.U.C.S. A-5(5) EQUIVALENTE DE ARENA_

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1287 kg/m ³
HUMEDAD OPTIMA	34.8 %

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:		DINAMICA	
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kg/m ³)	1158	1223	1287
C.B.R. SATURADO	6	9	12
HINCHAMIENTO (%)	0.16	0.11	0.09
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INFORME DE ENSAYES DE SUELOS

PROYECTO: EL BOQUETE – SANTA ANA.

FECHA	25/11/2014
MUESTRA	1
ESTACION	12+373
DESVIACIÓN	

PROFUNDIDAD(m)	0.00 – 0.20
SONDEO	121

GRANULOMETRIA

% QUE PASA TAMIZ	3"					
	2"					
	1 ½"	100				
	1"	98				
	¾"	96				
	3/8"	91				
	No.4	82				
	No.10	74				
	No.40 (a)	45				
	No.200(b)	25				
Relación de Finos: (b)/(a)		0.56				

LIMITES DE ATTERBERG

Limite Líquido					
Índice de Plasticidad (%)	N/P				
Contracción Lineal					

CLASIFICACION

Clasificación H.R.B.	A-1-b(0)				
Clasificación de Casagrande					
% CBR. Aproximado 95%	35				

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol. Suelto (Kg/m3)	1183				
Peso Vol. Varillado (Kg/m3)	1305				

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1628 kg/m ³
HUMEDAD OPTIMA	18.7 %

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kg/m ³)	1480	1562	1628
C.B.R. SATURADO	23	35	40
HINCHAMIENTO (%)	0.13	0.11	0.06
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96

Anexo XII. Resumen de conteos para cálculos TPDA en las 3 estaciones.

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo																				##			
Estación Nº 1,		Santa Ana			Camino: Managua- Emp. Sta. Rita																		
Dia	Bicic.	Motos	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)				
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const			
Lunes	5	425	498	197	526	16	23	155	177	60	61	2	3	3	72	8	0	4	4	2,234			
Martes	12	441	422	221	439	23	26	163	154	75	47	0	0	1	43	5	0	2	12	2,074			
Miércoles	3	452	454	232	603	30	27	178	170	56	23	2	0	6	43	14	6	0	0	2,296			
Jueves	9	396	385	265	451	30	42	156	185	72	44	0	0	2	58	11	0	2	13	2,112			
Viernes	13	466	475	273	545	26	41	187	228	82	101	1	1	0	55	9	2	2	13	2,507			
Sábado	15	470	578	317	565	15	30	221	151	75	65	0	0	0	61	8	2	1	12	2,571			
Domingo	6	309	376	152	284	6	22	106	64	7	5	0	0	0	4	2	0	0	5	1,342			
Total	63	2,959	3,188	1,657	3,413	146	211	1,166	1,129	427	346	5	4	12	336	57	10	11	59	15,136			
TPD (vpd)	9	423	455	237	488	21	30	167	161	61	49	1	1	2	48	8	1	2	8	2,162			
Porc. por Tipo de Vehículo		19.5	21.1	10.9	22.5	1.0	1.4	7.7	7.5	2.8	2.3	0.0	0.0	0.1	2.2	0.4	0.1	0.1	0.4	100.0			

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo Expandido a 24 horas																							
Estación Nº 1,		Santa Ana			Camino: Managua- Emp. Sta. Rita																		
Dia	Motos	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total (vph)					
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const				
Lunes	523	732	240	668	21	27	192	211	74	73	2	3	3	97.2	10.8	0	4	4.4	2886.1				
Martes	542	620	270	558	31	30	202	183	93	56	0	0	1	58.05	6.75	0	2	13.2	2666.7				
Miércoles	556	667	283	766	40	31	221	202	69	28	2	0	6	58.05	18.9	6	0	0	2954.7				
Jueves	487	566	323	573	40	49	193	220	89	53	0	0	2	78.3	14.85	0	2	14.3	2705.1				
Viernes	573	698	333	692	35	48	232	271	102	121	1	1	0	74.25	12.15	2	2	14.3	3211.8				
Sábado	578	850	387	718	20	35	274	180	93	78	0	0	0	82.35	10.8	2	1	13.2	3321.1				
Domingo	380	553	185	361	8	26	131	76	9	6	0	0	0	5.4	2.7	0	0	5.5	1748.4				
Total	3,640	4,686	2,022	4,335	196	245	1,446	1,344	529	415	5	4	12	453.6	76.95	10	11	64.9	19494				
TPD (vph)	520	669	289	619	28	35	207	192	76	59	0.71429	0.571	1.714	64.8	10.99	1.429	1.571	9.271	2784.8				
Porc. por Tipo de Vehículo	18.7	24.0	10.4	22.2	1.0	1.3	7.4	6.9	2.7	2.1	0.02565	0.021	0.062	2.327	0.395	0.051	0.056	0.333	100				

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo																				
Estación: N° 2		Camino: Managua - El Crucero																		
Día	Bicic.	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)	
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const			
Lunes	4	499	1207	411	941	476	69	132	268	136	31	0	5	3	211	20	0	2	4	4415
Martes	12	493	1188	390	1051	470	78	130	294	158	36	0	0	3	225	33	0	1	1	4551
Miércoles	15	536	1268	384	1129	225	444	118	314	187	25	0	1	8	217	32	8	1	0	4897
Jueves	33	556	1352	403	1056	534	79	131	387	210	41	0	6	31	245	46	0	0	1	5078
Viernes	3	466	1237	485	1212	560	89	142	440	187	19	0	2	1	266	35	0	1	6	5148
Sábado	1	434	1181	432	1071	478	105	148	314	119	17	1	1	3	241	22	0	0	5	4572
Domingo	19	297	796	316	605	344	51	123	140	46	13	2	2	3	149	34	0	0	4	2925
Total	87	3281	8229	2821	7065	3087	915	924	2157	1043	182	3	17	52	1554	222	8	5	21	31586
TPD (vpd)	12.43	468.71	1175.57	403	1009.3	441	130.71	132	308.1	149	26	0.429	2.429	7.429	222	31.71	1.143	0.714	3	4512.3
Porc. por Tipo de Vehículo		10.4	26.1	8.9	22.4	9.8	2.9	2.9	6.8	3.3	0.6	0.0	0.1	0.2	4.9	0.7	0.0	0.0	0.1	100.0

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo Expandido a 24 horas																			
Estación: N° 2		Camino: Managua - El Crucero																	
Día	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total (vph)	
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
Lunes	704	1,702	571	1,270	605	94	172	362	182	43	0	5	3	310.2	29.4	0	2	4	6,058
Martes	695	1,675	542	1,419	597	106	169	397	212	50	0	0	3	330.8	48.51	0	1	1	6,246
Miércoles	756	1,788	534	1,524	286	604	153	424	251	35	0	1	8	319	47.04	8	1	0	6,738
Jueves	784	1,906	560	1,426	678	107	170	522	281	57	0	6	31	360.2	67.62	0	0	1	6,959
Viernes	657	1,744	674	1,636	711	121	185	594	251	26	0	2	1	391	51.45	0	1	7	7,053
Sábado	612	1,665	600	1,446	607	143	192	424	159	24	1	1	3	354.3	32.34	0	0	6	6,270
Domingo	419	1,122	439	817	437	69	160	189	62	18	2	2	3	219	49.98	0	0	4	4,012
Total	4,626	11,603	3,921	9,538	3,920	1,244	1,201	2,912	1,398	253	3	17	52	2,284	326	8	5	23	43,336
TPD (vpd)	661	1,658	560	1,363	560	178	172	416	200	36	0	2	7	326	47	1	1	3	6,191
Porc. por Tipo de Vehículo	10.7	26.8	9.0	22.0	9.0	2.9	2.8	6.7	3.2	0.6	0.0	0.0	0.1	5.3	0.8	0.0	0.0	0.1	100.0

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo																				
Estación N° 3,		Camino: El Boquete - Santa ana																		
Día	Bicic.	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)	
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const					
Lunes	16	27	1	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
Martes	20	36	37	6	0	12	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	98
Miércoles	18	21	25	2	0	18	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	71
Jueves	13	25	36	6	3	7	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
Viernes	13	18	32	4	3	11	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	72
Sábado	24	24	36	3	4	23	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	96
Domingo	32	38	26	3	1	26	2	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	101
Total	136	189	193	24	19	97	7	0	3	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	559
TPD (vpd)	19	27	28	3	3	14	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Porc. por Tipo de Vehículo		33.8	34.5	4.3	3.4	17.4	1.3	0.0	0.5	3.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo Expandido a 24 horas																	
Estación N° 3,		Camino: El Boquete - Santa ana															
Dia	Motos	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Veh. Pesados		Otros	Total (vph)	
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const			
Lunes	33	1	0	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	47
Martes	44	54	7	0	16	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	131
Miércoles	26	37	2	0	24	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	95
Jueves	31	53	7	4	9	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	111
Viernes	22	47	5	4	15	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	98
Sábado	30	53	4	5	31	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	129
Domingo	47	38	4	1	35	2	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	133
Total	232	284	29	24	130	8	0	4	25	8	0	0	0	0	0	0	744
TPD (vpd)	33	41	4	3	19	1	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	106
Porc. por Tipo de Vehículo	31.2	38.1	3.9	3.2	17.5	1.1	0.0	0.5	3.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

Anexo XIII. Simulación de Niveles de servicio para las dos alternativas para el primero y último año de operación.

Simulación de Sección de 3.60 m y Hombro de 2.0 m.

Primer Año de Operación - 2019(Alternativa Concreto Asfaltico)

Description Estudio de Tráfico y Señalización Final: El Boquete - Santa

Input Data

Highway class	Class 2				
Shoulder width	2.0	m	Peak-hour factor, PHF	0.88	
Lane width	3.6	m	% Trucks and buses	39	%
Segment length	0.0	km	% Recreational vehicles	0	%
Terrain type	Rolling		% No-passing zones	60	%
Grade: Length		km	Access points/km	2	/km
Up/down		%			

Two-way hourly volume, V	172	veh/h
Directional split	50 / 50	%

Average Travel Speed

Grade adjustment factor, fG	0.71	
PCE for trucks, ET	2.5	
PCE for RVs, ER	1.1	
Heavy-vehicle adjustment factor,	0.631	
Two-way flow rate, (note-1) vp	436	pc/h
Highest directional split proportion (note-2)	218	pc/h
Free-Flow Speed from Field Measurement:		
Field measured speed, SFM	50	km/h
Observed volume, Vf	-	veh/h
Estimated Free-Flow Speed:		
Base free-flow speed, BFFS	-	km/h
Adj. for lane and shoulder width, fLS	-	km/h
Adj. for access points, fA	-	km/h
Free-flow speed, FFS	50.0	km/h
Adjustment for no-passing zones, fnp	5.6	km/h
Average travel speed, ATS	39.0	km/h

Percent Time-Spent-Following			
Grade adjustment factor, fG		0.77	
PCE for trucks, ET		1.8	
PCE for RVs, ER		1.0	
Heavy-vehicle adjustment factor, fHV		0.762	
Two-way flow rate, (note-1) vp		333	pc/h
Highest directional split proportion (note-2)		167	
Base percent time-spent-following, BPTSF		25.4	%
Adj. for directional distribution and no-passing zones, fd/np		21.9	
Percent time-spent-following, PTSF		47.2	%

Level of Service and Other Performance Measures			
Level of service, LOS		B	
Volume to capacity ratio, v/c		0.14	
Peak 15-min vehicle-kilometers of travel, VkmT15		0	veh-km
Peak-hour vehicle-kilometers of travel, VkmT60		0	veh-km
Peak 15-min total travel time, TT15		0.0	veh-h

Veinteavo Año de Operación – 2038.

Description Estudio de Tráfico y Señalización Final: El Boquete – Santa

Input Data							
Highway class	Class 2						
Shoulder width	2.0	m		Peak-hour factor, PHF	0.88		
Lane width	3.6	m		% Trucks and buses	39	%	
Segment length	12.5	km		% Recreational vehicles	0	%	
Terrain type	Rolling			% No-passing zones	60	%	
Grade: Length		km		Access points/km	2	/km	
Up/down		%					
Two-way hourly volume, V	407		veh/h				
Directional split	50 / 50		%				
Average Travel Speed							
Grade adjustment factor, fG		0.93					
PCE for trucks, ET		1.9					
PCE for RVs, ER		1.1					
Heavy-vehicle adjustment factor,		0.740					
Two-way flow rate, (note-1) vp		672	pc/h				
Highest directional split proportion (note-2)		336	pc/h				
Free-Flow Speed from Field Measurement:							
Field measured speed, SFM		50	km/h				
Observed volume, Vf		-	veh/h				
Estimated Free-Flow Speed:							
Base free-flow speed, BFFS		-	km/h				
Adj. for lane and shoulder width, fLS		-	km/h				
Adj. for access points, fA		-	km/h				
Free-flow speed, FFS		50.8	km/h				
Adjustment for no-passing zones, fnp		4.5	km/h				
Average travel speed, ATS		37.9	km/h				

Percent Time-Spent-Following			
Grade adjustment factor, fG		0.94	
PCE for trucks, ET		1.5	
PCE for RVs, ER		1.0	
Heavy-vehicle adjustment factor, fHV		0.837	
Two-way flow rate, (note-1) vp		588	pc/h
Highest directional split proportion (note-2)		294	
Base percent time-spent-following, BPTSF		40.4	%
Adj. for directional distribution and no-passing zones, fd/np		18.9	
Percent time-spent-following, PTSF		59.3	%

Level of Service and Other Performance Measures			
Level of service, LOS		C	
Volume to capacity ratio, v/c		0.21	
Peak 15-min vehicle-kilometers of travel, VkmT15		1445	veh-km
Peak-hour vehicle-kilometers of travel, VkmT60		5088	veh-km
Peak 15-min total travel time, TT15		38.1	veh-h

Simulación de Sección de 3.60 m y Hombro de 2.0 m.

Primer Año de Operación - 2019(Alternativa Concreto Hidráulico)

Primer Año de Operación - 2019

Description Estudio de Tráfico y Señalización Final: El Boquete - Santa

Input Data						
Highway class	Class 2					
Shoulder width	2.0	m	Peak-hour factor, PHF	0.88		
Lane width	3.6	m	% Trucks and buses	39	%	
Segment length	12.5	km	% Recreational vehicles	0	%	
Terrain type	Rolling		% No-passing zones	60	%	
Grade: Length		km	Access points/km	2	/km	
	Up/down	%				
Two-way hourly volume, V	172	veh/h				
Directional split	50 / 50	%				
Average Travel Speed						
Grade adjustment factor, fG			0.71			
PCE for trucks, ET			2.5			
PCE for RVs, ER			1.1			
Heavy-vehicle adjustment factor,			0.631			
Two-way flow rate, (note-1) vp			436	pc/h		
Highest directional split proportion (note-2)			218	pc/h		
Free-Flow Speed from Field Measurement:						
Field measured speed, SFM			50	km/h		
Observed volume, Vf			-	veh/h		
Estimated Free-Flow Speed:						
Base free-flow speed, BFFS			-	km/h		
Adj. for lane and shoulder width, fLS			-	km/h		
Adj. for access points, fA			-	km/h		
Free-flow speed, FFS			50.0	km/h		
Adjustment for no-passing zones, fnp			5.6	km/h		
Average travel speed, ATS			39.0	km/h		
Percent Time-Spent-Following						
Grade adjustment factor, fG			0.77			
PCE for trucks, ET			1.8			
PCE for RVs, ER			1.0			
Heavy-vehicle adjustment factor, fHV			0.762			
Two-way flow rate, (note-1) vp			333	pc/h		
Highest directional split proportion (note-2)			167			
Base percent time-spent-following, BPTSF			25.4	%		
Adj. for directional distribution and no-passing zones, fd/np			21.9			
Percent time-spent-following, PTSF			47.2	%		
Level of Service and Other Performance Measures						
Level of service, LOS			B			
Volume to capacity ratio, v/c			0.14			
Peak 15-min vehicle-kilometers of travel, VkmT15			611	veh-km		
Peak-hour vehicle-kilometers of travel, VkmT60			2150	veh-km		
Peak 15-min total travel time, TT15			15.7	veh-h		

Veinteavo Año de Operación – 2038

Página siguiente:

Input Data					
Highway class	Class	2		Peak-hour factor, PHF	0.88
Shoulder width		2.0	m	% Trucks and buses	39
Lane width		3.6	m	% Recreational vehicles	0
Segment length		12.5	km	% No-passing zones	60
Terrain type	Rolling			Access points/km	2
Grade: Length			km		
Up/down			%		
Two-way hourly volume, V		407	veh/h		
Directional split	50 / 50		%		

Average Travel Speed					
Grade adjustment factor, fG		0.93			
PCE for trucks, ET		1.9			
PCE for RVs, ER		1.1			
Heavy-vehicle adjustment factor,		0.740			
Two-way flow rate, (note-1) vp		672	pc/h		
Highest directional split proportion (note-2)		336	pc/h		
Free-Flow Speed from Field Measurement:					
Field measured speed, SFM		50	km/h		
Observed volume, Vf		40	veh/h		
Estimated Free-Flow Speed:					
Base free-flow speed, BFFS		-	km/h		
Adj. for lane and shoulder width, fLS		-	km/h		
Adj. for access points, fA		-	km/h		
Free-flow speed, FFS		50.7	km/h		
Adjustment for no-passing zones, fnp		4.5	km/h		
Average travel speed, ATS		37.7	km/h		

Percent Time-Spent-Following					
Grade adjustment factor, fG		0.94			
PCE for trucks, ET		1.5			
PCE for RVs, ER		1.0			
Heavy-vehicle adjustment factor, fHV		0.837			
Two-way flow rate, (note-1) vp		588	pc/h		
Highest directional split proportion (note-2)		294			
Base percent time-spent-following, BPTSF		40.4	%		
Adj. for directional distribution and no-passing zones, fd/np		18.9			
Percent time-spent-following, PTSF		59.3	%		

Level of Service and Other Performance Measures					
Level of service, LOS		C			
Volume to capacity ratio, v/c		0.21			
Peak 15-min vehicle-kilometers of travel, VkmT15		1445	veh-km		
Peak-hour vehicle-kilometers of travel, VkmT60		5088	veh-km		
Peak 15-min total travel time, TT15		38.3	veh-h		

Anexo XIV. Lista de precios de materiales adicionales

Agregado triturado para base	Agrenic	455.00	13.00
Agregado triturado para subbase	Agrenic	350.00	10.00
Tubo concreto reforzado 36", C-2	Idem	3,954.65	112.99
Saco macen de 100 Lb.		5.00	0.14
Concreto de 2,500psi	Cemex	218.05	218.05
Concreto de 3,500psi	Cemex	226.79	226.79
Concreto de 3,000psi	Cemex	220.99	220.99
Concreto de 5,000psi	Cemex	244.17	244.17
Concreto de 4,000psi	Cemex	232.58	232.58
Tubo de PVC, 100mm. de diámetro	Durman	16.03	16.03

Anexo XV. Estimación de presupuesto de mantenimiento sin proyecto

TRAMO: EL BOQUETE - SANTA ANA				
MANTENIMIENTO SIN PROYECTO				
Concepto de Obra	Unidad de	Costo Directo	Costo de Venta	
	Medida	C\$/U	C\$/U	\$/U
TRAMO EL BOQUETE SANTA ANA				
Limpieza del derecho de vía, cunetas y alcantarillas	Km./Año	52,174.42	64,374.34	2,415.00
Nivelación y conformación	Km./Año	62,322.91	76,657.18	2,875.00
Reposición de capa de balasto	M ³	235.45	328.78	11.93
TRAMO NEJAPA - EL BOQUETE				
Sobre carpeta y Señalización Horizontal	m ²	374.04	469.67	17.62
Limpieza del Derecho de Vía y Drenaje	Km./Año	27,568.11	33,918.07	1,272.47
Reparación de bordes	m ²	1,735.46	2,178.80	81.74
Bacheo	m ²	1,735.46	2,178.80	81.74
Sello de Grietas Tratamiento Simple	m ²	54.95	69.04	2.59
TRAMO SANTA ANA - NEJAPA				
Sello de Juntas y Grietas	m	44.05	55.09	2.07
Reparación de Espesor Parcial	m ²	621.21	768.74	28.84
Reparación de Espesor Total	m ²	1,846.20	2,284.36	85.70
Señalización Vertical y Viales	Km./Año	8,091.10	10,012.00	375.61

Señalización Horizontal y Vialitas	Km/Año	9,376.65	11,888.87	446.00
Limpieza del derecho de vía y drenaje	Km/Año	52,174.42	64,374.34	2,415.00
Administración de campo	10.00%			
Administración central	3.00%			
Utilidad	10.00%			
Factor de sobrecostos	1.2300			

Anexo XVI. Trabajos administrativos, tiempo ocioso y reinstalación de tuberías de agua potable.

TRAMO: EL BOQUETE - SANTA ANA

Código	Concepto de Obra	Unidad de medida	Cantidad	Costo de Venta
				C\$ Total
109(09)	Tiempo Ocioso del Equipo de Construcción	Glb.	1	2,500,000.00
110(6)	Trabajos Por Administración	Glb.	1	1,500,000.00
110(6)	Remoción y Reinstalación de Tubería de Agua Potable	Glb.	1	1,000,000.00

Anexo XVII. Renta del equipo propuesto.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA			
RENTA DEL EQUIPO PROPUESTO			

Tipo de cambio	C\$ 34.8831	x US\$1.00	
DESCRIPCION	C\$ RENTA/HR	US\$ RENTA/ HR	Observación
Tractor de orugas D 155	2,641.25	75.72	
Tractor de orugas D 6	1,621.01	46.47	
Excavadora	1,691.74	48.50	
Retroexcavadora	1,288.80	36.95	
Cargador frontal	1,353.27	38.79	
Motoniveladora	1,392.50	39.92	
Camión volquete	776.34	22.26	10m ³
Vibro compactadora	993.86	28.49	
Camión cisterna	780.30	22.37	
Compresor	791.15	21.23	
Track Drill	4,197.48	120.33	
Trituradora	9,794.48	280.78	
Compactadora manual	174.70	5.01	
Mezcladora de dos sacos	229.77	6.59	
Camión Grúa	1,685.59	48.32	
Bomba de Succión	111.19	3.19	
Camión concretero	1,278.60	36.65	5m ³
Minicargador	924.42	20.00	
Vibrador de concreto	141.64	3.20	
Camión cabezal / rastra	1,774.31	50.86	

Camión cabezal / Low Boy	1,277.88	36.63	
Compactadora con ruedas neumáticas	1,555.99	30.00	
Compactadora de plato vibratorio	163.33	4.68	
Camión plataforma	815.17	23.37	
Welder	122.64	3.52	
Camión mantenimiento	867.19	24.86	
Camión Grúa	1,685.59	48.32	
Camión distribuidor de asfalto	1,674.79	48.01	
Distribuidor de agregados	614.41	17.61	
Bookey	67.43	1.93	
Compactadora neumática	1,555.99	44.61	
Vibro compactadora doble rodo metálico	993.86	28.49	
Minicargador/Barredora	1,182.64	33.90	
Máquina recicladora	2,724.81	78.11	
Pavimentadora (Finisher)	2,303.46	66.03	
Planta asfáltica	15,697.40	450.00	
Camión cisterna asfalto	674.45		Capacidad 4,731.25 Lt. (1,250 Glns)
Camión roquero	1,121.84	32.16	14m ³
Planta trituradora	4,872.57	139.68	
Generador	1,739.56	49.87	
Costo de movilización e instalación de planta asfáltica	697,662.00	20,000.00	
Vibro compactadora doble rodo metálico de 2 TN	387.59	11.11	
Motosierra	85.11	2.44	

Anexo XVIII. Salarios de operadores, oficiales y ayudantes.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA			
SALARIOS DE OPERADORES / OFICIALES / AYUDANTES			
Tipo de cambio	C\$ 34.8831	por un	US\$ 1.00
DESCRIPCION	C\$	US\$	SALARIO MAS PRESTACIONES SOCIALES
Tractor de orugas D 155	47.51	1.36	88.32
Tractor de orugas D 6	47.51	1.36	88.32
Excavadora	47.51	1.36	88.32
Retroexcavadora	39.59	1.13	73.60
Cargador frontal	39.59	1.13	73.60
Motoniveladora	65.00	1.86	120.84
Camión volquete	31.67	0.91	58.87
Vibro compactadora	39.59	1.13	73.60
Camión cisterna	31.67	0.91	58.87
Compresor	30.54	0.88	56.77
Track Drill	30.54	0.88	56.77
Trituradora	47.51	1.36	88.32
Compactadora manual	27.50	0.79	51.12
Mezcladora de dos sacos	27.50	0.79	51.12
Camión Grúa	45.00	1.29	83.66
Bomba de Succión	27.50	0.79	51.12
Camión concretero	31.67	0.91	58.87
Minicargador	31.67	0.91	58.87
Vibrador de concreto	27.50	0.79	51.12

Camión cabezal / rastra	35.00	1.00	65.07
Camión cabezal / Low Boy	35.00	1.00	65.07
Compactadora con ruedas neumáticas	39.59	1.13	73.60
Compactadora de plato vibratorio	27.50	0.79	51.12
Camión plataforma	31.67	0.91	58.87
Welder	30.54	0.88	56.77
Camión mantenimiento	31.67	0.91	58.87
Camión Grúa	45.00	1.29	83.66
Camión distribuidor de asfalto	35.00	1.00	65.07
Distribuidor de agregados	31.67	0.91	58.87
Bookey	30.54	0.88	56.77
Compactadora neumática	39.59	1.13	73.60
Vibro compactadora doble rodo metálico	39.59	1.13	73.60
Vibro compactadora doble rodo metálico de 2 TN	31.67	0.91	58.87
Minicargador/Barredora	31.67	0.91	58.87
Máquina recicladora	40.00	1.15	74.36
Pavimentadora (Finisher)	31.67	0.91	58.87
Finisher	31.67	0.91	58.87
Planta asfáltica	55.00	1.58	102.25
Camión cisterna asfalto	31.67	0.91	58.87
Camión roquero	31.67	0.91	58.87
Planta trituradora	47.51	1.36	88.32
Generador	30.54	0.88	56.77
Ayudante	27.50	0.79	51.12
Capataz	30.54	0.88	56.77
Albañil	30.54	0.88	56.77
Carpintero	30.54	0.88	56.77
Armador	30.54	0.88	56.77
Viáticos por día	200.00	0.00	0.00

Cuadrilla Topografía	650.00	18.63	1,208.36
Topógrafo	41.21	1.18	76.61
Soldador	30.54	0.88	56.77
Oficial	30.54	0.88	56.77
Bombero	27.50	0.79	51.12

Anexo XIX. Resumen de los costos para las dos alternativas y Mantenimientos.

Alternativa de concreto Hidráulico y Mantenimientos.

MANTENIMIENTO ALTERNATIVA CONCRETO HIDRAULICO

Concepto de Obra	Unidad de	Costo Directo	Costo de Venta
	Medida	C\$ Unit	C\$/U
Sello de Juntas y Grietas	m	141.42	174.86
Reparación de Espesor Parcial	m ²	621.21	768.74
Reparación de Espesor Total	m ²	1,846.20	2,284.36
Señalización Vertical y Viales	Km/Año	8,091.10	10,012.00
Señalización Horizontal y Viales	Km/Año	48,038.69	59,443.18
Limpieza del Derecho de Vía y Drenaje	Km/Año	27,015.56	33,428.94
Administración de campo	10.00%		
Administración central	3.00%		
Utilidad	10.00%		
Factor de Sobre costos	1.2300		

Estimación de Presupuesto - Alterantiva No.1 Concreto Hidráulico							
Proyecto: El Boquete - Santa Ana							
Plazo de Ejecución:		14.00	Meses	Tipo de Cambio: C\$ 34.8800 x US\$1.00			
Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Directo		Costo de Venta	
				C\$ Unit	Total	C\$ Unit	C\$ Total
TRABAJOS ADMINISTRATIVOS							
109(09)	Tiempo Ocioso del Equipo de Construcción	Glb.	1.00				2,500,000.00
110(6)	Trabajos Por Administración	Glb.	1.00				1,500,000.00
110(6)	Remoción y Reinstalacion de Tuberia de Agua Potable	Glb.	1.00				1,000,000.00
MOVIMIENTO DE TIERRA							
201(1)	Abra y Destronque	Ha.	26.18	67,292.64	1,761,721.32	81,491.39	2,133,444.59
203(1)	Excavación en la Vía	m³	649,359.00	62.68	40,701,822.12	75.91	49,292,841.69
203(2)	Subexcavación	m³	13,200.00	54.54	719,928.00	66.05	871,860.00
203(5)	Préstamo Selecto, Caso 2	m³	133,200.00	197.37	26,289,684.00	239.02	31,837,464.00
203(9)	Construccion de Terraplenes	m³	140,000.00	48.49	6,788,600.00	58.72	8,220,800.00
203(9A)	Construccion de Cuña Con Equipos Manuales	m³	5,747.00	328.53	1,888,061.91	397.85	2,286,443.95
206(2)	Sobrecarreo Largo	m³ - Km	50,000.00	8.28	414,000.00	10.03	501,500.00
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							
304(2A)	Capa de Agregado Triturado Tratado Con Cemento Graduación "F"	m³	27,883.00	1,671.51	46,606,713.33	2,024.20	56,440,768.60
501(1A)	Pavimento de Concreto Hidráulico MR = 48kg/cm²	m³	27,125.00	4,748.24	128,796,010.00	5,750.12	155,972,005.00
MURO DE TIERRA REFORZADA							
203(14)	Banqueo de Talud	m³	87,002.00	114.65	9,974,779.30	138.84	12,079,357.68
203(5A)	Préstamo Selecto, Caso 2 (Compactado con Equipos Manuales)	m³	106,214.00	328.46	34,887,050.44	397.77	42,248,742.78
602(3)	Concreto Estructural Para Muro de Tierra Armada	m³	1,465.00	4,833.53	7,081,121.45	5,853.40	8,575,231.00
604(1)	Acero de Refuerzo	Kg.	26,952.00	39.03	1,051,936.56	47.27	1,274,021.04
608 (1B)	Mampostería Clase Dimensionada de Piedra Cantera	m²	17,710.00	560.65	9,929,111.50	678.95	12,024,204.50
924(1)	Relleno Permeable	m³	5,293.00	883.71	4,677,477.03	1,070.17	5,664,409.81
925(1)	Geotextil Tipo no Tejido	m²	18,415.00	76.05	1,400,460.75	92.10	1,696,021.50
927 (6)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 1 Resistencia Última a la Tensión 70 KN/M	m²	80,636.00	88.22	7,113,707.92	106.83	8,614,343.88
927 (6A)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 2 Resistencia Última a la Tensión 70 KN/M	m²	51,203.00	104.46	5,348,665.38	126.50	6,477,179.50
927 (6B)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 3 Resistencia Última a la Tensión 70 KN/M	m²	63,887.00	134.40	8,586,412.80	162.76	10,398,248.12
927 (6C)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 4 Resistencia Última a la Tensión 70 KN/M	m²	18,661.00	160.71	2,999,009.31	194.62	3,631,803.82
927 (6D)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 5 Resistencia Última a la Tensión 70 KN/M	m²	9,555.00	213.89	2,043,718.95	259.02	2,474,936.10

DRENAJE MENOR							
207(1)	Excavación Para Estructuras	m³	1,187.00	133.31	158,238.97	161.44	191,629.28
608 (1A)	Mampostería de Piedra Bruta	m³	191.00	4,448.11	849,589.01	5,386.66	1,028,852.06
701(1-1B2)	Tubería de Concreto Reforzado de 91cm (36"), Clase 2	ml	196.25	3,803.63	746,462.39	4,606.20	903,966.75
701(16)	Material de Lecho de Tubería, Clase "B"	m³	40.00	629.47	25,178.80	762.29	30,491.60
701(18)	Material de Relleno de Alcantarillas	m³	610.00	519.40	316,834.00	628.99	383,683.90
MISCELANEOS							
202(2)	Remoción de Postes de Tendido Eléctrico	c/u	119.00	104,640.00	12,452,160.00	126,719.04	15,079,565.76
202(2A)	Remoción de Postes de Tendido Telefónico	c/u	15.00	52,320.00	784,800.00	63,359.52	950,392.80
202(2B)	Remoción de Rampa de Mampostería	Gbl.	1.00	1,186.11	1,186.11	1,436.38	1,436.38
202(2C)	Remoción de Pila de Piedra Canterra	c/u	12.00	1,385.17	16,622.04	1,677.44	20,129.28
202(2D)	Remoción de Piso de Concreto Para Beneficio de Café	m²	4,261.00	17.12	72,948.32	20.73	88,330.53
202(2E)	Remoción de Cercas de Alambre de Púas	ml	6,844.00	6.90	47,223.60	8.36	57,215.84
202(2F)	Remoción de Muro Perimetral	ml	1,653.00	55.33	91,460.49	67.00	110,751.00
704(7A)	Tubo de Descarga en Subdren Tipo Francés, PVC 200mm de Dia	ml	190.00	405.79	77,100.10	491.41	93,367.90
704(8)	Sistema de Subdren, Tipo Francés	m³	2,528.00	889.89	2,249,641.92	1,077.66	2,724,324.48
901(1A)	Concreto Para Bordillos de Protección de Taludes, Isletas y Bahía	m³	309.00	4,248.96	1,312,928.64	5,145.49	1,589,956.41
902(1A)	Sistema de Guardavía, Defensa Metálica	ml	11,712.00	2,390.85	28,001,635.20	2,895.32	33,909,987.84
903(4)	Cercas y Portones de Alambre de Púas Con Postes Prendedizos	ml	24,000.00	70.06	1,681,440.00	84.84	2,036,160.00
904(2)	Anden de Concreto de 0.10m de Espesor	m²	210.00	734.79	154,305.90	889.83	186,864.30
913(1)	Revestimiento de Cauces, Tipo II, Espesor 15 Cm	m²	34,637.00	813.91	28,191,400.67	985.65	34,139,959.05
925(1)	Geotextil Tipo no Tejido	m²	12,640.00	76.05	961,272.00	92.10	1,164,144.00
928(2)	Caseta Para Bahía de Buses	c/u	2.00	84,162.85	168,325.70	101,921.21	203,842.42
SEÑALIZACION							
801 (1A)	Instalación de Señales de 30.5 cm x 60.0 cm	c/u	1.00	3,430.48	3,430.48	4,154.31	4,154.31
801 (1B)	Instalación de Señales de 61 cm x 149.8 cm	c/u	2.00	7,927.82	15,855.64	9,600.59	19,201.18
801 (1C)	Instalación de Señales de 61 cm x 91.4 cm	c/u	11.00	3,632.32	39,955.52	4,398.74	48,386.14
801 (1D)	Instalación de Señales de 76.20 cm x 57.1 cm.	c/u	114.00	2,680.19	305,541.66	3,245.71	370,010.94
801 (1E)	Instalación de Señales de 76.20 cm x 76.20 cm.	c/u	62.00	4,435.25	274,985.50	5,371.09	333,007.58
801 (1F)	Instalación de Señales de 75 cm x 240 cm	c/u	4.00	8,533.70	34,134.80	10,334.31	41,337.24
802(1)	Marcas de Pavimento, Tipo Línea Continua Amarilla	ml	12,060.00	16.84	203,090.40	20.39	245,903.40
802(1A)	Marcas de Pavimento, Tipo Línea Continua Blanca	ml	24,120.00	16.37	394,844.40	19.82	478,058.40
802(2A)	Marcas de Pavimento, Tipo Simbología y Letras	m²	98.00	365.14	35,783.72	442.18	43,333.64
802(5)	Marcas de Pavimento Resaltadas (Violetas)	c/u	3,015.00	83.99	253,229.85	101.71	306,655.65
802(6)	Pintura de Bordillo	m²	67.00	245.28	16,433.76	297.03	19,901.01
802(7)	Tachuelones	c/u	1,170.00	932.94	1,091,539.80	1,129.79	1,321,854.30
914 (4)	Postes Guías	c/u	100.00	1,360.68	136,068.00	1,647.78	164,778.00
914 (6)	Postes de Kilometraje	c/u	12.00	1,495.21	17,942.52	1,810.70	21,728.40

Alternativa de Concreto Asfáltico y Mantenimientos.

Estimación de Presupuesto - Alternativa No.2 Concreto Asfáltico							
Proyecto: El Boquete - Santa Ana							
		Plazo de Ejecución:		14.00 Meses		Tipo de Cambio: C\$ 34.8800 x US\$1.00	
Código	Concepto de Obra	Unidad de	Cantidad	Costo Directo		Costo de Venta	
		Medida		C\$ Unit	Total	C\$ Unit	C\$ Total
TRABAJOS ADMINISTRATIVOS							
109(09)	Tiempo Ocioso del Equipo de Construcción	Glb.	1.00				2,500,000.00
110(6)	Trabajos Por Administración	Glb.	1.00				1,500,000.00
110(6)	Remoción y Reinstalación de Tubería de Agua Potable	Glb.	1.00				1,000,000.00
MOVIMIENTO DE TIERRA							
201(1)	Abra y Destronque	Ha.	26.18	67,292.64	1,761,721.32	80,865.57	2,117,060.62
203(1)	Excavación en la Vía	m³	649,359.00	62.68	40,701,822.12	75.32	48,909,719.88
203(2)	Subexcavación	m³	13,200.00	54.54	719,928.00	65.54	865,128.00
203(5)	Préstamo Selecto, Caso 2	m³	133,200.00	197.26	26,275,032.00	237.05	31,575,060.00
203(9)	Construcción de Terraplenes	m³	140,000.00	48.49	6,788,600.00	58.27	8,157,800.00
203(9A)	Construcción de Cuña Con Equipos Manuales	m³	5,747.00	328.53	1,888,061.91	394.79	2,268,858.13
206(2)	Sobreacarreo Largo	m³ - Km	50,000.00	8.28	414,000.00	9.95	497,500.00
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							
304(2A)	Capa de Agregado Triturado Tratado Con Cemento, Graduación "E"	m³	33,152.00	898.79	29,796,686.08	1,080.08	35,806,812.16
303(6)	Subbase de Agregados, Graduación "B"	m³	26,334.00	831.71	21,902,251.14	999.47	26,320,042.98
304(3A)	Cemento	Saco 42.5Kg.	99,456.00	226.03	22,480,039.68	271.62	27,014,238.72
401(3)	Emulsión Asfáltica Para Imprimación	Litro	172,480.00	21.64	3,732,467.20	26.00	4,484,480.00
401(5)	Material de Secado	m³	830.00	797.12	661,609.60	957.90	795,057.00
402(3)	Emulsión Asfáltica Para Riego de Liga	Litro	47,040.00	21.56	1,014,182.40	25.91	1,218,806.40
405(1A)	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente	m³	18,816.00	6,781.15	127,594,118.40	8,148.91	153,329,890.56
MURO DE TIERRA REFORZADA							
203(14)	Banqueo de Talud	m³	87,002.00	114.65	9,974,779.30	137.77	11,986,265.54
203(5A)	Préstamo Selecto, Caso 2 (Compactado con Equipos Manuales)	m³	106,214.00	328.46	34,887,050.44	394.71	41,923,727.94
602(3)	Concreto Estructural Para Muro de Tierra Armada	m³	1,465.00	4,833.53	7,081,121.45	5,808.45	8,509,379.25
604(1)	Acero de Refuerzo	Kg.	26,952.00	39.03	1,051,936.56	46.90	1,264,048.80
608 (1B)	Mampostería Clase Dimensionada de Piedra Canteras	m³	17,710.00	560.65	9,929,111.50	673.73	11,931,758.30
924(1)	Relleno Permeable	m³	5,293.00	883.71	4,677,477.03	1,061.95	5,620,901.35
925(1)	Geotextil Tipo no Tejido	m²	18,415.00	76.05	1,400,460.75	91.39	1,682,946.85
927 (6)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 1 Resistencia Última a la Tensión 58 KN/M	m²	80,636.00	88.22	7,113,707.92	106.01	8,548,222.36
927 (6A)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 2 Resistencia Última a la Tensión 70 KN/M	m²	51,203.00	104.46	5,348,665.38	125.53	6,427,512.59
927 (6B)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 3 Resistencia Última a la Tensión 114 KN/M	m²	63,887.00	134.40	8,586,412.80	161.51	10,318,389.37
927 (6C)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 4 Resistencia Última a la Tensión 144 KN/M	m²	18,661.00	160.71	2,999,009.31	193.13	3,603,998.93
927 (6D)	Geomalla Sintetica Para Refuerzo de Muros de Tierra Estabilizados Mecanicamente, Tipo 5 Resistencia Última a la Tensión 175 KN/M	m²	9,555.00	213.89	2,043,718.95	257.03	2,455,921.65

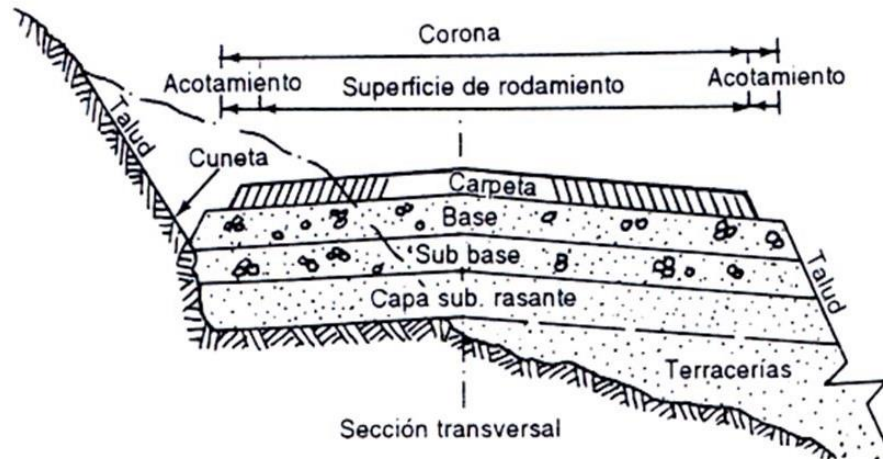
DRENAJE MENOR							
207(1)	Excavación Para Estructuras	m³	1,187.00	133.31	158,238.97	160.20	190,157.40
608 (1A)	Mampostería de Piedra Bruta	m³	191.00	4,448.48	849,659.68	5,345.74	1,021,036.34
701(1-1B2)	Tubería de Concreto Reforzado de 91cm (36"), Clase 2	ml	196.25	3,713.27	728,729.24	4,462.24	875,714.60
701(16)	Material de Lecho de Tubería, Clase "B"	m³	40.00	629.47	25,178.80	756.43	30,257.20
701(18)	Material de Relleno de Alcantarillas	m³	610.00	519.40	316,834.00	624.16	380,737.60
MISCELANEOS							
202(2)	Remoción de Postes de Tendido Eléctrico	c/u	119.00	104,640.00	12,452,160.00	125,745.89	14,963,760.91
202(2A)	Remoción de Postes de Tendido Telefónico	c/u	15.00	52,320.00	784,800.00	62,872.94	943,094.10
202(2B)	Remoción de Rampa de Mampostería	Cbl.	1.00	1,186.11	1,186.11	1,425.35	1,425.35
202(2C)	Remoción de Pila de Piedra Cartera	c/u	12.00	1,385.17	16,622.04	1,664.56	19,974.72
202(2D)	Remoción de Piso de Concreto Para Beneficio de Café	m²	4,261.00	17.12	72,948.32	20.57	87,648.77
202(2E)	Remoción de Cercas de Alambre de Púas	ml	6,844.00	6.90	47,223.60	8.29	56,736.76
202(2F)	Remoción de Muro Perimetral	ml	1,653.00	55.33	91,460.49	66.49	109,907.97
704(7A)	Tubo de Descarga en Subdren Tipo Francés, PVC 200mm de Diámetro	ml	190.00	405.79	47,223.60	8.29	56,736.76
704(8)	Sistema de Subdren, Tipo Francés	m³	2,528.00	889.89	2,249,641.92	1,069.38	2,703,392.64
901(1A)	Concreto Para Cunetas Urbanas y Bahías de Buses	m³	309.00	4,190.08	1,294,734.72	5,035.22	1,555,882.98
902(1A)	Sistema de Guardavía, Defensa Metálica	ml	11,712.00	2,390.85	28,001,635.20	2,873.08	33,649,512.96
903(4)	Cercas y Portones de Alambre de Púas Con Postes Prendedizos	ml	24,000.00	95.24	2,285,760.00	114.45	2,746,800.00
904(2)	Andén de Concreto de 0.10m de Espesor	m²	210.00	735.34	154,421.40	883.66	185,568.60
913(1)	Revestimiento de Cauces, Tipo II, Espesor 15 Cm	m²	34,637.00	814.03	28,195,557.11	978.22	33,882,606.14
925(1)	Geotextil Tipo no Tejido	m²	12,640.00	76.05	961,272.00	91.39	1,155,169.60
928(2)	Caseta Para Bahía de Buses	c/u	2.00	83,856.34	167,712.68	100,770.16	201,540.32
SEÑALIZACION							
801 (1A)	Instalación de Señales de 30.5 cm x 60.0 cm	c/u	1.00	3,430.48	3,430.48	4,122.41	4,122.41
801 (1B)	Instalación de Señales de 61 cm x 149.8 cm	c/u	2.00	7,927.82	15,855.64	9,526.86	19,053.72
801 (1C)	Instalación de Señales de 61 cm x 91.4 cm	c/u	11.00	3,632.32	39,955.52	4,364.96	48,014.56
801 (1D)	Instalación de Señales de 76.20 cm x 57.1 cm.	c/u	114.00	2,680.19	305,541.66	3,220.78	367,168.92
801 (1E)	Instalación de Señales de 76.20 cm x 76.20 cm.	c/u	62.00	4,435.25	274,985.50	5,329.84	330,450.08
801 (1F)	Instalación de Señales de 75 cm x 240 cm	c/u	4.00	8,533.70	34,134.80	10,254.95	41,019.80
802(1)	Marcas de Pavimento, Tipo Línea Continua Amarilla	ml	12,060.00	16.84	203,090.40	20.24	244,094.40
802(1A)	Marcas de Pavimento, Tipo Línea Continua Blanca	ml	24,120.00	16.37	394,844.40	19.67	474,440.40
802(2A)	Marcas de Pavimento, Tipo Simbología y Letras	m²	98.00	365.14	35,783.72	438.79	43,001.42
802(5)	Marcas de Pavimento Resaltadas (Violetas)	c/u	3,015.00	83.99	253,229.85	100.93	304,303.95
802(6)	Pintura de Bordillo	m²	67.00	245.28	16,433.76	294.75	19,748.25
802(7)	Tachuelones	c/u	1,170.00	932.94	1,091,539.80	1,121.11	1,311,698.70
914 (4)	Postes Guías	c/u	100.00	1,360.68	136,068.00	1,635.13	163,513.00
914 (6)	Postes de Kilometraje	c/u	12.00	1,495.21	17,942.52	1,796.79	21,561.48

TRABAJOS AMBIENTALES Y SOCIALES							
202(2F)	Remoción de Casa	c/u	167.00	12,800.12	2,137,620.04	15,381.90	2,568,777.30
915(0)	Engramado (Sembrado Por Medio de Estolones)	m²	5,000.00	184.47	922,350.00	221.68	1,108,400.00
915(9)	Siembra de Plantas	c/u	55,000.00	97.16	5,343,800.00	116.76	6,421,800.00
S/C	Vigilancia Ambiental	Glb.	1.00				40,000.00
S/C	Taller de Higiene y Seguridad Ocupacional	Glb.	1.00				40,000.00
S/C	Taller de Educación Vial - Ambiental	Glb.	1.00				80,000.00
	TOTAL DIRECTOS				636,529,273.90		
	TOTAL INDIRECTOS	14.00 meses		9.00%	57,287,634.65		
	GASTOS ADMINISTRATIVOS	5.00%			34,690,845.43		
			Subtotal		728,507,753.98		
			UTILIDAD	5.00%	36,425,387.70		
	FACTOR DE SOBRECOSTOS	1.2017	Sub Total		764,933,141.68		
			Subtotal			TOTAL SIN IMPUESTOS SIN ESCALAMIE	C\$ 741,985,147.43
			Escalamiento de Precios	3.00%			C\$ 22,947,994.25
						TOTAL SIN IMPUESTOS CON ESCALAMIE	C\$ 764,933,141.68
			Impuesto Municipal	1.00%			C\$ 7,649,331.42
			I.V.A	15.00%			C\$ 115,887,370.96
	Costo sin impuestos en US\$		\$21,930,422.64				
	Costo por Km. sin impuestos en US\$		\$1,818,443.00			TOTAL CON IMPUESTOS	C\$ 888,469,844.06

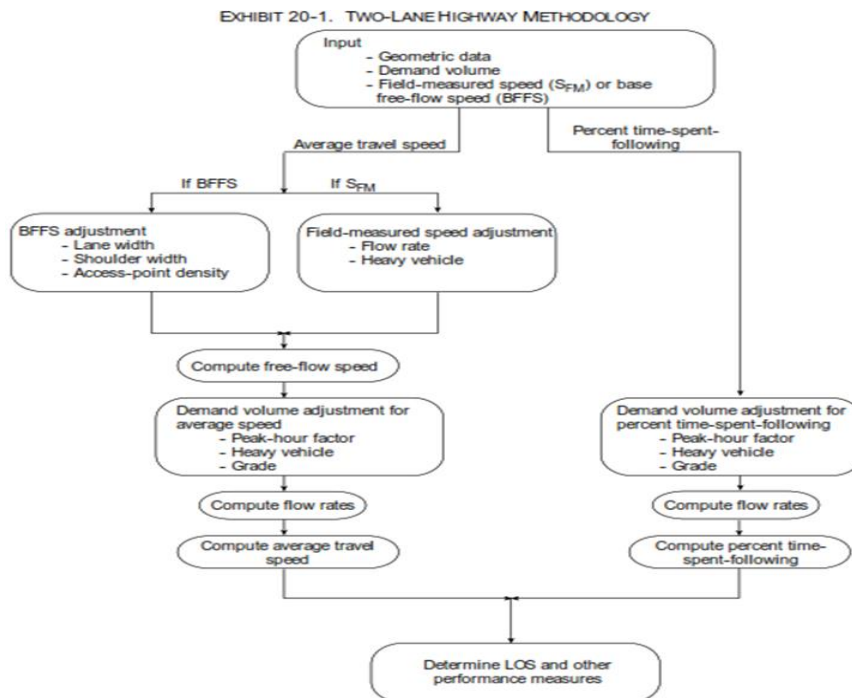
MANTENIMIENTO ALTERNATIVA CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE

Concepto de Obra	Unidad de	Costo Directo	Costo de Venta
	Medida	C\$ Unit	C\$ PU
Sobrecarpeta y Señalización Horizontal	m²	374.04	469.67
Rejuvenecimiento	m²	33.31	41.85
Limpieza Derecho de Via y Drenaje	Km/Año	27,568.11	33,918.07
Reparación de Bordos	m²	1,735.46	2,178.80
Bacheo	m²	1,735.46	2,178.80
Sello de Grietas Tratamiento Simple	m²	54.95	69.04
Señalización Vertical y Viales	Km/Año	8,091.10	10,158.33
Administracion de campo	10.00%		
Administracion central	3.00%		
Utilidad	10.00%		
Factor de Sobrecostos	1.2300		

Sección transversal de una vía



Anexo XXI. Gráfico N.º 20 - 1. (HCM2000), metodología para capacidades y niveles de servicio para vías de 2 carriles.



BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Ministerio de transporte e infraestructura, Clasificación funcional de la red vial básica de Nicaragua
- ✓ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. (Manual Sieca 2011).
- ✓ Replanteo y trazado del proyecto vertical de la carretera Cerecita – Tamarindo.
- ✓ Maestría en Vías Terrestres Módulo III Diseño de Pavimentos I.
- ✓ AASHTO Guide for design of pavement structures (AASHTO93).
- ✓ Diseño geométrico de vías ajustado al manual colombiano.
- ✓ Red vial de Nicaragua 2012
- ✓ INETER, diciembre 1998. “Las Lluvias del Siglo en Nicaragua”. El Huracan Mitch, las lluvias y otros eventos
- ✓ ciclónicos y su recurrencia en Nicaragua 1892 – 1998. Managua, Nicaragua 159p.

- ✓ INETER, noviembre 2001. Amenazas Naturales de Nicaragua, 1ra edición, Managua. 310p.

- ✓ SE-SINAPRED, Julio 2009, Documento País Mitch +10, Nicaragua, “Un resumen de lo actuado en los últimos cinco
- ✓ años”. Managua, Nicaragua. 93p.

- ✓ Equipo Instituto para el desarrollo sostenible INDES, 2012. Fortalecimiento de las capacidades institucionales para
- ✓ la gestión ambiental y el ordenamiento territorial de los municipios ubicados en la subcuenca III; “Línea de base
- ✓ Municipio El Crucero”. 97p.

- ✓ SE-SINAPRED, enero 2009. Plan nacional de prevención y control de incendios forestales. 25p.

- ✓ INETER (august 2009). Field Report: Third Land Use Change Detection Period Report (april 2009 – June 2009). 20p.

- ✓ U.S. Geological Survey, USGS, 2000. Open File Report 00-437, Maps and Database of Quaternary Faults in the
- ✓ Vicinity of Managua, Nicaragua.

- ✓ Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua, 1971; Levantamiento de suelos de la región pacífica de
- ✓ Nicaragua Vol. II, parte 2. Descripción de suelos, Managua. 592p.

Links de recopilación de información

<https://www.ineter.gob.ni>

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/detalle-clasificacion-funcional.pdf>

https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf

<https://www.bcn.gob.ni/estadisticas/precios/IPMC/index.php>

<https://www.mti.gob.ni>

<http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/roads/tools.htm> (software VOC –

HDM IV, versión 3.2)