UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Monografía.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE CARRETERA SAN SEBASTIÁN DE YALÍ – CONDEGA (38.92 KM) Y EMPALME LA LAGUNA – LA LAGUNA (1.47KM).

Para optar al título de ingeniero civil.

Elaborado por:

Br. Héctor Adan Soza.
Br. .Douglas Brandon Terán Soza

Tutor:
Ing. Guillermo José Acevedo Ampié.

Managua, Septiembre 2022

Managua, 13 de septiembre de 2022

MSc. Ing. Miguel Antonio Fonseca Chávez
Decano FTC
Sus manos

Estimado MSc. Ing. Fonseca:

Por este medio le comunico que los Brs. Héctor Adán Soza y Douglas Brandon Terán Soza han desarrollado el tema monográfico titulado *"Estudio de prefactibilidad para la construcción del tramo de carretera San Sebastián de Yalí – Condega (38.92 km) y empalme La Laguna- La Laguna (1.47 km)",* el cual he revisado y recomiendo para su presentación ante el tribunal examinador que Ud. designe.

Este trabajo cumple los requisitos para su presentación y defensa por parte de los sustentantes, se desarrolla adecuadamente conforme los objetivos planteados, tiene coherencia metodológica y establece conclusiones de acuerdo a los resultados obtenidos.

Sin más a que referirme y deseándole éxitos en su gestión, le saludo.

_____
Ing. Guillermo Acevedo Ampié.
Docente FTC

Cc/ archivo

Índice general.

Capitulo I.- Generalidades . 1
1.1. Introducción 1
1.2. Antecedentes 2
1.3. Justificación 4
1.4. Objetivos 5
1.5. Marco teórico 6
1.5.1 Estudio de tránsito 6
1.5.2 Volumen de tránsito 7
1.5.3 Proyecciones de tránsito 8
1.5.4 Estudio topográfico 9
1.5.5 Estudio de suelo 9
1.5.6 Actividades de laboratorio 10
1.5.7 Diseño estructural de pavimento 12
1.5.8 Diseño de drenaje menor 13
1.5.9 Costos de inversión. 15
1.6. Diseño metodológico 16
1.6.1 Estudio de tránsito 16
1.6.2 Levantamiento topográfico 22
1.6.3 Estudio de suelo 22
1.6.4 Actividades de laboratorio 22
1.6.5 Estudio hidrotécnico 31
1.6.6 Criterios de rentabilidad. 33

Capitulo II.- Estudio de mercado . 36
2.1. Identificación del proyecto 36
2.2. Población del municipio de San Sebastián de Yalí 36
2.3. Población del municipio de San Sebastián de Condega 37
2.4. Poblados de Yalí – Condega en la zona de influencia del proyecto 39
2.5. Necesidades básicas para ambos municipios 42

2.5.1. Sector Salud 42
2.5.2. Sector Educación 46
2.6. Categoría de socioeconómica por municipio 49
2.7. Economía municipal de Condega 54
2.8. Uso actual de los suelos 55
2.9. Costos de producción agrícola 55
2.10. Zona de influencia directa del proyecto 59
2.11. La definición de indicadores productivos 62

Capitulo III.- Estudio técnico del proyecto. 66
3.1. Localización del proyecto 66
3.2. Tamaño del proyecto 68
3.3. Estudio topográfico 69
3.4. Estudio de suelos y sus características geotécnicas 79
3.5. Estudios hidrotécnicos 95
3.6. Estudio de transito 147
3.7. Diseño estructural del pavimento 158
3.8. Alternativas de propuestas 186

Capitulo IV. Estudio socioeconómico del proyecto 192
4.1. Inversión en el proyecto 192
4.2. Costos de operación 194
4.3. Beneficios del proyecto 196
4.4. Ajuste de precios financieros a precios socioeconómicos 209
4.5. Inversión a precios socioeconómicos 210
4.6. Análisis socioeconómico del proyecto 213
4.7. Evaluación socioeconómica 215

Capitulo V.- Conclusiones y recomendaciones 217
5.1. Conclusiones 217
5.2. Recomendaciones 219

Índice de cuadros

Cuadro N° 1. Criterios de decisión del VANE 34
Cuadro N° 2 Criterios de decisión de la RBC 35
Cuadro Nº 3. Población del municipio San Sebastián de Yalí 37
Cuadro Nº 4. Población del municipio Condega 38
Cuadro Nº 5. Comunidades localizadas en la zona de influencia directa del proyecto 39
Cuadro Nº 6. Población zona de influencia de los dos municipios, año 2010 40
Cuadro Nº 7. Educación en San Sebastián de Yali 47
Cuadro Nº 8. Mined Condega, Estelí 47
Cuadro Nº 9. Niveles de accesibilidad y salud 49
Cuadro Nº 10. Descripción de los niveles de pobreza en el municipio de Condega 50
Cuadro Nº 11. Distribución de la pobreza extrema en el municipio de Condega 51
Cuadro Nº 12. Descripción de los niveles de pobreza en el municipio de San Sebastián de Yalí 52
Cuadro Nº 13. Distribución de la pobreza extrema en el municipio de San Sebastián de Yalí 53
Cuadro Nº 14. Ocupación por sectores económicos San Sebastián de Yali 54
Cuadro Nº 15. Ocupación por sectores económicos Condega 54
Cuadro Nº 16. Proyecto: San Sebastián de Yalí – Condega y Empalme La Laguna – La Laguna 55
Cuadro Nº 17. Costo de producción agrícola 56
Cuadro Nº 18. Rendimientos de producción en la zona de estudio 56
Cuadro Nº 19. Indicadores técnicos encontrados en la zona de influencia 57
Cuadro Nº 20. Criterios de selección 58
Cuadro Nº 21. Establecimiento de puntos georreferenciados 70

Cuadro Nº 22. Levantamientos topográficos 71
Cuadro Nº 23. Cuadro georreferencia 73
Cuadro Nº 24. Puntos establecidos en estación total 74
Cuadro Nº 25. Ubicación de estaciones de préstamos 80
Cuadro Nº 26. Resultados de ensayes adicional en bancos de materiales 88
Cuadro N° 27 Comparación de costos en material de tubería 103
Cuadro Nº 28. Tabla modificada de Bernard 110
Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali – Condega 116
Cuadro N° 30. Coeficiente método de Izzard valores del coeficiente de escurrimiento K para diversas superficies 124
Cuadro N° 31. Coeficiente método de Izzard valores del coeficiente del retardo Cr. 125
Cuadro N° 32. Capacidad hidráulica de las cunetas propuestas, tramos: Yali - Condega y Empalme La Laguna - La Laguna 127
Cuadro N° 33. Resultados hidráulicos estructuras existentes 141
Cuadro N° 34. Resultados hidráulicos estructuras propuestas 142
Cuadro N° 35. Caudales hidrológicos para cajas puente tramo: Yali – Condega 143
Cuadro N° 36. Proyección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) período 2011 – 2033 (vpd) 149
Cuadro N° 37. Proyección del tráfico desarrollado período 2013 – 2032 151
Cuadro N° 38. TPDA total 153
Cuadro Nº 39. Factores de expansión día y semana; estación Nº 307 155
Cuadro N° 40. Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA) (vpd) 156
Cuadro N° 41. Proyección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) período 2011 – 2033. 157
Cuadro N° 42. Módulo de resiliencia 158
Cuadro N° 43. ESAL”s para diferentes tipos de vehículos pavimento flexible a 15 años 180
Cuadro N° 44. Repeticiones esperadas diseño de pavimento rígido PCA, horizonte de diseño 15 años 182

Cuadro N° 45. Flexible a 20 años 183
Cuadro N° 46. Repeticiones esperadas diseño de pavimento rígido PCA, horizonte de diseño 20 años 184
Cuadro N° 47. Espesores de pavimento 186
Cuadro N° 48. Coeficientes estructurales 189
Cuadro N° 49. Resumen de espesores de pavimento alternativa nº. 1 de espesores de pavimento 15 años. 190
Cuadro N° 50. Resumen de espesores de pavimento alternativa nº. 2 de espesores de pavimento a 15 años. 190
Cuadro N° 51. Resumen de espesores de pavimento alternativa nº. 1 de espesores de pavimento 20 años 191
Cuadro N° 52. Resumen de espesores de pavimento alternativa Nº. 2 de espesores de pavimento a 20 años. 191
Cuadro N° 53. Inversión de activo fijo 193
Cuadro N° 54. Inversión en activos diferidos 194
Cuadro N° 55. Inversión total 194
Cuadro N° 56. Costo marginal de mantenimiento (precios socioeconómicos) 196
Cuadro N° 57. Valores de producción sin proyecto (análisis financiero) 197
Cuadro N° 58. Beneficio neto agrícola sin proyecto 198
Cuadro N° 59. Costos financieros de producción ganado (sin proyecto) 199
Cuadro N° 60. Peso promedio (sin proyecto) 199
Cuadro N° 61. Precios de producción 199
Cuadro N° 62. Beneficio neto de la actividad ganadera sin proyecto 200
Cuadro N° 63. Beneficio neto total situación sin proyecto 201
Cuadro N° 64. Valores de producción agrícola con proyecto (análisis financiero) 202
Cuadro N° 65. Beneficio neto agrícola con proyecto 203
Cuadro N° 66. Costos financieros de producción ganado (con proyecto) 204
Cuadro N° 67. Peso promedio (con proyecto) 204
Cuadro N° 68. Precios de producción (con proyecto) 204
Cuadro N° 69. Beneficio neto de la actividad ganadera con proyecto 205

Cuadro N° 70. Beneficio neto total situación con proyecto 206
Cuadro N° 71. Beneficio marginal 207
Cuadro N° 72. Ahorro en transporte 208
Cuadro N° 73. Precios sociales 209
Cuadro N° 74. Inversión en activo fijo (precios socioeconómicos) 210
Cuadro N° 75. Inversión en activos diferidos (precios socioeconómicos) 211
Cuadro N° 76. Inversión total (precios socioeconómicos) 211
Cuadro N° 77. Costo marginal de mantenimiento (precios socioeconómicos) 212
Cuadro N° 78. Flujo de caja económico (adoquín) 213
Cuadro N° 79. Flujo de caja económico (asfalto) 214
Cuadro N° 80. Flujo de caja económico (concreto) 215

Índice de Fotos

Foto N° 1. Banco de materiales Nº 1 Jaime Chavarría Est. 0 + 840 84
Foto N° 2. Banco de materiales Nº 2 Juan Alberto Rodríguez Est. 12+700 84
Foto N° 3. Banco de materiales Nº 3 David Dávila Est. 15+500 85
Foto N° 4. Banco de materiales Nº 4 Adolfo Benavidez Est. 19+050 85
Foto N° 5. Banco de materiales Nº 5 Cruz Rugama Est. 23+500 86
Foto N° 6. Banco de materiales No.6 Concepción García Est. 29+960 86
Foto N° 7. Banco de materiales Nº 7 Bayardo Hurtado Est. 32+060 87
Foto N° 8. Banco de materiales Nº 8 Domingo Palacios Est. 39 +040 87
Foto N° 9. Sondeo en EST. 29+100 91
Foto N° 10. Sondeo en EST. 30+100 92
Foto N° 11. Sondeo en EST. 33+500 92
Foto N° 12. Sondeo en EST. 38+100 93
Foto N° 13. Sondeo en EST. 39+000 93
Foto N° 14. Alcantarilla en estación 6+200 97
Foto N° 15. Daño en estructura en 6+200 97
Foto N° 16. Alcantarilla en la estación 15+200 98
Foto N° 17 Área de la estación 14+900 98

Foto N° 18. Erosión en la carretera 99
Foto N° 19. Daño en carretera 99
Foto N° 20. Alcantarillas en mal estado 100
Foto N° 21 Puente Casco urbano Yalí. 00+500 131
Foto N° 22 Puente La Vainilla. 7+300 131
Foto N° 23 Puente Guayucalí. 7+500 131
Foto N° 24 Puente El Jocote 13+900 131
Foto N° 25 Puente El Bramadero. 17+500 132
Foto N° 26 Puente vado Paso Real. 36+350 132

Índice de Figuras

Figura Nº 1. Área de influencia del proyecto 41
Figura Nº 2. Incidencia de la pobreza extrema por barrio y comarca 51
Figura Nº 3. Mapa de los barrios de pobreza extrema en el municipio de San Sebastián de Yali 53
Figura Nº 4. Mapa micro localización de ubicación de carretera en estudio 67
Figura Nº 5. Mapa macro localización de ubicación Condega 68
Figura Nº 6. 1a - 1b 113
Figura Nº 7. 2a – 2b 115
Figura N° 8 Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos. 170

UNIDAD I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Históricamente en Nicaragua la red vial ha requerido atención de las autoridades competente, es así que en la actualidad el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) mantiene planes de mejoramiento y rehabilitación de carreteras, calles y caminos para el mejoramiento de la producción, principalmente en aquellas zonas donde el comercio crece a un ritmo acelerado y por existir un acceso vial de baja calidad muchos productos no salen al mercado.

El municipio de San Sebastián de Yalí, el municipio de Condega y empalme La Laguna del departamento de Jinotega son zonas productivas en las cuales existen caminos, algunos en buen estado y otros en mal estado donde es muy difícil para el vehículo transitar tanto en invierno como en verano.

San Sebastián de Yalí es un municipio del departamento de Jinotega en la República de Nicaragua. El municipio de San Sebastián de Yalí tiene una población de 37,517 habitantes en el año 2020 y una superficie de 400.9 km²

Como casi todos los municipios del departamento de Jinotega este municipio tiene como principal fuente de ingresos la agricultura. La economía de Yalí está fundamentada en el cultivo de la caña de azúcar, de café y de la piña, así como en la minería del oro, y también en la explotación del ganado lechero.

Se desarrollara este estudio de prefactibilidad para la construcción de los 38.92 km del tramo de carretera Condega - Yali y los 1.47 km de carretera del empalme La Laguna – La Laguna. Un camino optimo significara un aumento de producción y agilizar la comercialización de productos en todas sus áreas agrícolas mencionadas, lo que vendrá a reactivar más la zonas de producción de este municipio.

Se contempla determinar la zona de influencia, los beneficios y beneficiarios del proyecto. Se realizara un análisis técnico de la alternativa más conveniente para el mejoramiento de la carretera. Y se desarrollara un estudio económico que permita determinara la mejor alternativa desde el punto vista socioeconómico.

1.2. ANTECEDENTES

Desde su fundación en 1908 fue conocido como La Rinconada, luego como La Placita o Plaza Yale y por último como San Sebastián de Yalí, aunque comúnmente los habitantes lo llaman "Yalí". Se dice que fueron sus fundadores Blas Miguel Molina y Adolfo Bermúdez, de éste se sabe muy poco y junto a otros madereros llegados de Jinotega, hicieron los primeros caminos de penetración.

Según antecedente gracias a la finalización de 16 kilómetros de carretera que separaba al municipio con San Rafael del Norte, .con que cuentan en la actualidad los pobladores y productores de San Sebastián de Yalí, departamento de Jinotega, han accedido a mejores oportunidades de desarrollo económico y social. La obra fue ejecutada por el Gobierno Sandinista a través del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), y constituye la materialización de un sueño para los habitantes de este municipio quienes durante los gobiernos anteriores fueron objeto de un total abandono.

En la reparación de este importante tramo carretero el Gobierno invirtió 8 millones 029 mil dólares (más de 200 millones de córdobas), provenientes de un préstamo del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

Además del casco urbano de Yalí, las comunidades beneficiadas con la obra son El Panal, El Llano, El Volcán, La Naranjita, La Brellera y Los Encuentros

San Sebastián de Yalí es una localidad que destaca por su producción de café y granos básicos, a lo que hay que agregar su gran potencial turístico. Por esta razón, hasta

hace poco el único impedimento para desarrollar mejor todas estas capacidades era la pésima carretera que estaba en malas condiciones, por lo que trasladarse desde San Rafael a Yalí significaba una penosa travesía de 60 minutos, cuando lo normal sería la escasa media hora que dura actualmente gracias a la nueva vía.

A pesar de ser un punto de acceso clave con el tiempo ha sido olvidada por las autoridades competentes recibiendo muy poco mantenimiento afectando a la población, la alcaldía de este municipio ha argumentado que por falta de recursos no mantiene un plan de mejoramiento constante a vías en olvido como esta. Los drenajes existentes son cauces naturales que de igual forma no han recibido interés por parte de las autoridades

En los periodos lluviosos es cuando menos atención ha recibido este tramo de calle así como muchos otros que se encuentran en condiciones intransitables.

Dentro de los planes de mantenimientos y mejoras de calles y caminos, en la alcaldía municipal no se contempla el tema de mejoramiento de esta importante vía de acceso.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Una necesidad propia de cada municipio es el mantenimiento de carreteras, caminos y calles de forma continua, y es una estrategia para el incremento del comercio a nivel local y así mismo a nivel nacional.

Actualmente se está realizando el estudio denominado proyecto de construcción del tramo de carretera San Sebastián de Yalí – Condega (38.92 km) y empalme La Laguna – La Laguna (1.47 km)

Esta propuesta tiene como finalidad el mejoramiento económico y social de la comunidad. Se pretende que aumentará la producción local y el flujo vehicular, se experimentaran mejoras en las condiciones de productividad. Con la apertura de la carretera el tramo de carretera San Sebastián de Yalí – Condega y empalme La Laguna- La Laguna aumentara en ambos sentidos de circulación haciendo necesario la apertura de una vía alterna con buenas condiciones para el transporte local.

Con un proyecto de esta calidad se pretenden resultados muy positivos porque vendrá a dar respuesta a grandes necesidades de pobladores cercanos a la vía que no han tenido respuestas de solución de autoridades competentes, el cual se les ha pedido que se mejore en condiciones tan básicas como lo son evitar el polvo en época de verano y charcos en invierno ya que estos criaderos de mosquitos y otro tipo de plagas que transmiten enfermedades a pobladores y los más vulnerables son niños, mujeres embarazadas y personas de la tercera edad.

Al desarrollar este proyecto también tiene como estrategia generar fuente de empleo a pobladores de escasos recursos dentro y fuera del municipio ya que este tipo de proyecto siempre requiere de mano de obra local calificada y no calificada y esto es una ventaja para los pobladores para generar ingresos en las familias.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar el estudio de prefactibilidad para la construcción del tramo de carretera San Sebastián de Yalí – Condega (38.92 km) y empalme La Laguna- La Laguna (1.47 km)

1.4.2 Objetivos específicos

Realizar el estudio de mercado para determinar la demanda del proyecto.

Determinar el estudio técnico del proyecto para determinar la mejor alternativa constructiva del proyecto.

Elaborar el estudio socioeconómico para analizar la viabilidad de la inversión.

1.5. MARCO TEÓRICO.

1.5.1 Estudio de tránsito

Constituye el instrumento que sirve al ingeniero de tráfico para cumplir con sus objetivos, definido como la planificación de la red vial y la circulación del tránsito vehicular.

1.5.1.1 Aforo vehicular

Se denomina aforo al proceso de conteo de vehículos que pasan en un determinado punto de una vía determinada de un camino, carretera o intersección, en una unidad de tiempo.

1.5.1.2 Capacidad de la vía

El número máximo de vehículos por unidad de tiempo que razonablemente puede esperarse que pasen por un tramo de una carretera, en un sentido o en dos sentidos, bajo las condiciones imperantes del camino y del tráfico.

Carga equivalente

Es la que se obtiene al realizar conteos o aforos vehiculares tomando en cuenta los pesos sugeridos por la AASHTO 93.

Tránsito

El tránsito es la variable más importante en el diseño de pavimentos. Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causarán sobre el pavimento.

Vehículos de pasajeros

Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis, y más ruedas, que incluyen los microbuses, buses, camiones, motos, autos, jeeps, camionetas.

Vehículos de carga

Livianos de carga: se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.

Camión de carga: Son todos aquellos camiones tipo C2 (2 ejes) y C3 (3 ejes), con un peso mayor de 5 ton.

Camión de carga pesada: Son aquellos vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo (Tx-Sx≤4), los (Tx-Sx≥5) se consideran las combinaciones tractor camión y semi remolque, que sea igual o mayor de 5 ejes, camión (Cx-Rx≤4) son combinaciones camión-remolque, que sea menor o igual a 4 ejes, Cx-Rx≥5 son combinaciones iguales que las anteriores, pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.

Equipo pesado: Se compone de los vehículos que no son utilizados para el transporte de personas o carga, sino para fines más específicos, como la agricultura (tractores, arados) y la construcción (motoniveladora, retroexcavadora, recuperador de camiones, compactadora y otros).

1.5.2 Volumen de tránsito

Se entiende por volumen de tránsito a la cantidad de vehículos que transitan sobre una sección de vía durante un período de tiempo.

1.5.2.1 Tránsito promedio diario

Es el transito total registrado por día, dividido por los siete días de la semana.

1.5.2.2 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

Transito promedio diario anual o TPDA, es el promedio de 24 horas de conteo efectuado cada día en un año. Se utiliza en varios análisis de tráfico y transporte.

1.5.2.2.1 Tasa de crecimiento vehicular

Representa el crecimiento promedio anual del TPDA. Generalmente las tasas de crecimiento son diferentes para cada tipo de vehículo, la que se encuentra directamente propensa al crecimiento poblacional en la zona

1.5.3 Proyecciones de tránsito

El tránsito puede proyectarse en el tiempo en forma aritmética con un crecimiento constante o exponencial mediante incrementos anuales.

1.5.3.1 Tránsito de diseño

1.5.3.1.1 Período de diseño

Es el tiempo para el cual se estima que un sistema va a funcionar satisfactoriamente.

1.5.3.1.2 Factor de crecimiento

Este crecimiento depende del número de años al que se proyectara el tránsito, lo cual reflejara el aumento en el flujo de vehículos en el período de diseño.

1.5.3.1.3 Factor direccional (FD)

Es un valor que proporciona el manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales (SIECA), normalmente su valor es de 0.5, ya que se estudia una vía donde los vehículos circulan en ambas direcciones.

1.5.4 Estudio topográfico

1.5.4.1 Topografía

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio.

1.5.5 Estudio de suelo

En los proyectos de ingeniería, tanto en obras horizontales como en obras verticales, se necesita tener información veraz acerca de las propiedades físico-mecánico de los suelos donde se pretende cimentar la obra.

1.5.5.1 Propiedades físico-mecánicas

Son características propias de cada tipo de suelo las cuales se generalizan en: textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje, consistencia, profundidad efectiva.

1.5.6 Actividades de laboratorio

1.5.6.1 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos presentes en la naturaleza pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

1.5.6.2 Limite líquido

El límite se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, que debe tener un suelo moldeado para una muestra del mismo en que se haya moldeado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos se cierre sin resbalar en su apoyo.

1.5.6.3 Limite plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en porciento, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente.

1.5.6.4 Método Proctor estándar

Compactación

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

Ensayo Proctor estándar

El ensayo Proctor estándar se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

Ensayo de CBR

Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Base

Es la capa que se encuentra bajo la capa de rodadura de un adoquinado. Debido a su proximidad con la superficie debe poseer alta resistencia a la deformación.

Sub base

Es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante en un adoquinado. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior y generalmente está constituida por materiales locales granulares o marginales.

1.5.7 Diseño estructural de pavimento

1.5.7.1 El Índice de serviciabilidad Inicial (po)

Es la función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción.

1.5.7.2 El Índice de serviciabilidad final (pt)

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña.

1.5.7.3 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y la final.

ESAL´S (Wt18)

Es la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes haciendo uso del factor de equivalencia de carga acumulado durante el período de diseño (8.2 ton).

Número Estructural (SN)

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

Confiabilidad

La "Confiabilidad del Diseño (R)" se refiere al grado de certidumbre (seguridad) de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar, en la realidad, el tiempo establecido en el período seleccionado.

Desviación estándar (So)

Es la función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

Módulo de resiliente (MR)

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de las funciones del camino y otras capas.

1.5.8 Diseño de drenaje menor

1.5.8.1 Estudio Hidrológico

1.5.8.1.1 Cuenca Hidrográfica

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar.

Área de escurrimiento

Es el espacio de recarga de agua de lluvia superficial o subterránea hacia un punto determinado.

Intensidad media de precipitación

Lámina de precipitación caída en una unidad de tiempo, se obtiene por la lectura directa en la curva de intensidad duración frecuencia (IDF).

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía a partir del cual se inicia ésta.

1.5.8.2 Estudio Hidráulico

El sistema de drenaje es un escudo de protección el cual se debe proveer la estructura de las carreteras contra los efectos erosivos e inundación de las aguas superficiales o subterráneas.

1.5.8.3 Bombeo de calzada

Generalmente, la sección típica de una carretera la convierte en un parte aguas, ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral geométricamente igual para ambos lados, a lo cual se le llama bombeo.

Hombros

Justo en la línea donde termina la calzada, se inicia una franja de protección de la carretera conocida como "hombros" en cada lado de la vía, a la que se le debe proveer una pendiente, ya que sobre ella escurren las aguas provenientes del rodamiento.

Drenaje transversal

Son conductos que permiten el paso al agua procedente de ríos, arroyos, canales o cunetas a través del terraplén de la carretera como tubo, cajones, alcantarilla y el bombeo de la corona.

Cunetas

Son canales de drenaje generalmente de sección triangular y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a ambos lados de la calzada, incluyendo hombros.

1.5.9 Costos de inversión.

Estos costos contribuyen los conjuntos de recursos necesarios, en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante su ciclo operativo, para una capacidad y tamaño determinados calculados para el período de vida útil del proyecto que son el resultado de la superposición de activos fijos más activos diferidos, más capital de trabajo que en este caso no existe.

1.5.9.1 Inversión en activos diferidos.

Son todos aquellos gastos que se realizan en bienes y servicios intangibles que son necesarios para la iniciación del proyecto, pero no intervienen en la producción del mismo. Los gastos de formulación y estudios técnicos tales como el de suelos y topográficos del proyecto.

1.5.9.2 Beneficios del proyecto.

Por ser este un proyecto de tipo social, no existe bajo ningún concepto la remuneración por la construcción de la vía en los sectores, pues no habrá peaje u otra forma de recuperación de la inversión.

Sin embargo, hay otros beneficios asociados a la construcción de la misma, tales como: ahorro en el gasto de enfermedades para el municipio, ahorro en gasto por deterioro de vehículos y el aumento del valor de las viviendas beneficiadas directamente por el adoquinado de la calle.

1.5.9.3 Determinación de los precios sociales.

El proceso de asegurar una distribución óptima de los recursos incluye el cálculo y uso de los precios sociales en la evaluación socioeconómica de los proyectos de inversión pública. En atención de esto la Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP) ha venido realizando esfuerzos para determinar precios sociales de factores básicos de producción: Tasa Social de Descuento (TSD), mano de obra y precio social de la divisa.

Los precios sociales deben ser usados por los proyectistas y/o formuladores en la evaluación socioeconómica del proyecto, estos representan valores oficiales que reflejan el costo real para la sociedad.

1.5.9.4 Flujo de caja sin financiamiento.

Consiste en realizar una comparación entre los recursos que se estiman, pueden ser utilizados por el proyecto y los resultados esperados del mismo, con el propósito de determinar si este proyecto se adapta o no a los fines u objetivo perseguidos que permita la mejor asignación de los recursos de la sociedad tomando en consideración los criterios de rentabilidad.

1.5.9.5 Evaluación económica del proyecto.

La evaluación de proyectos se realiza con el fin de poder decidir si es conveniente o no realizar un proyecto de inversión. Para este efecto, debemos no solamente identificar, cuantificar y valorar sus costos y beneficios, sino tener elementos de juicio para poder comparar varios proyectos coherentemente.

La evaluación del proyecto se hace en base al criterio del análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio es una comparación sistemática entre todos los costos inherentes a determinado curso de acción y el valor de los bienes, servicios o actividades emergentes de tal acción. El propósito esencial de esta comparación es someter a escrutinio los méritos de un curso de acción propuesto, por lo general un determinado acto de inversión, planteando la posible opción de escoger otros cursos de acción alternativos. Poder realizar estas comparaciones exige que el proyectista reduzca todas las alternativas a un mismo patrón común que sea cuantificable objetivamente.

1.6. DISEÑO METODOLÓGICO

1.6.1 Estudio de tránsito

1.6.1 Trabajo de campo

El conteo vehicular se realizará por un período de 7 días con duraciones de 12 horas, situándose en un punto de intersección el cual será en el tramo especificado anteriormente se situará un aforador en ambas bandas de la vía de manera que se pueda contar de forma clara los vehículos que pasan en el primer y segundo carril incluyendo todo tipo de vehículo en el conteo.

1.6.1.1 Tránsito promedio diario (TPD)

Como primer paso se requiere conocer el TPD (Tránsito Promedio Diario) el cual se calculara con la siguiente fórmula:

$$TPD = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{T}} \qquad \text{(Fórmula. 1)}$$

TPD = Tránsito Promedio Diario
N = Sumatoria de todos los vehículos aforados
T = Tiempo de duración del aforo

1.6.1.2 Ajustes del tránsito promedio diario

Antes de hacer uso de la fórmula 1, se requiere hacer un ajuste vehicular el cual consiste en estimar una proyección de 12 horas que se realizará el conteo en los horarios establecidos a 24 horas, los cuales son valores de aforos que realiza el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en estaciones permanentes los cuales se realizan en toda la red vial a nivel nacional.

TPD ajustado = TPD *factor de ajuste a 24 horas (Fórmula. 2)

1.6.1.3 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual es un valor el cual representa un promedio de la cantidad o los volúmenes diarios de tránsito que circularan durante un año en una sección determinada de cualquier vía.

Una vez ajustados los valores del tránsito promedio diario se calcularan los valores del tránsito promedio diario anual para todos los tipos de vehículos seleccionados.

TPDA = TPD ajustado * factor de expansión (Fórmula.3)

1.6.1.4 Proyección de tránsito

Tasa de crecimiento vehicular (TC)

Se necesitara establecer una proyección de tránsito para conocer el crecimiento de este a lo largo del periodo de diseño, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) proporcionará estos datos de registros históricos del comportamiento vehicular del objetivo en el estudio

También se tomaran en cuenta variables importantes como son el comportamiento demográfico del municipio de Yali y Condega , el crecimiento del producto interno bruto (PIB) con datos anuales del (BCN) y el censo poblacional del municipio realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INIDE)

Donde el crecimiento vehicular se calcula por diferentes años con la siguiente fórmula:

$$TC = ((\frac{TPDAi}{TPDAo})^{\frac{1}{n}} - 1) \quad \text{(Fórmula. 4)}$$

TC= tasa de crecimiento vehicular

TPDA = tráfico promedio diario actual

$TPDA_0$ = tráfico promedio diario del año base

n = diferencia de años

1.6.1.5 Tránsito de diseño

Periodo de diseño (N)

Es el tiempo para el cual se diseñara el pavimento el cual dependerá de la proyección del tránsito, el Manual centroamericano de normas de diseño geométrico de las carreteras regionales (SIECA), establece periodos de diseño para diferentes funcionamientos que tendrá la vía.

Factor direccional (FD)

Es un valor que proporciona el manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales (SIECA), normalmente su valor es de 0.5, ya que se estudia una vía donde los vehículos circulan en ambas direcciones.

Factor de crecimiento (FC)

Este factor se relaciona con el número de años al cual se proyecta el estudio de tránsito, tasa del crecimiento anual, esta muestra como incrementan el flujo vehicular en todo el período de diseño

$$FC = \left(\frac{1+TC)^{n-1}}{TC}\right) * 365 \qquad \text{(Fórmula. 5)}$$

Dónde:

FC = factor de crecimiento
TC = tasa de crecimiento de tránsito
n = período de diseño en años
365 = días del año

Factor de distribución por carril

Es un factor que se define por el carril de diseño para un camino cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño donde la SIECA lo proporciona por número de carriles en una sola dirección (fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras, SIECA.)

Determinación del tránsito de diseño

Obteniendo toda la información previa proporcionada por los aforos vehiculares propios que se realizaron y los realizados por el Instituto de Transporte e Infraestructura (MTI) se calcula el valor del tránsito de diseño de la siguiente forma:

$TPDA_0 = T_0 * (1+TC)^n$ (Fórmula. 6)

Dónde:
$TPDA_0$ = tránsito promedio diario anual en el año inicial de inicio del estudio
TC = tasa de crecimiento vehicular anual
n = número de año en el período de diseño

Una vez proyectados todos los tipos de vehículos al año de diseño, se determinara el tránsito de diseño

$TD = TPDA_0 * FC * F'C$ (Fórmula. 7)

Dónde:

$TPDA_0$ = tránsito promedio diario anual en el año inicial de inicio del estudio

FC = factor de distribución por sentido

F'C = factor de distribución por carril

1.6.2 Levantamiento topográfico

Una vez realizado el estudio de tránsito se efectuara el levantamiento topográfico para la determinación de curvas de nivel, pendiente y rasante.

1.6.3 Estudio de suelo

1.6.3.1 Trabajo de campo

Se realizaran sondeos manuales sobre el tramo, que se ubicaran en el centro y ambas bandas de la vía. El espaciamiento entre cada sondeo se tomara a cada 100 metros con una profundidad de 1.5 metros extrayéndose una muestra representativas de cada una de ellas.

1.6.4 Actividades de laboratorio

Las muestras obtenidas se trasladaran al laboratorio de materiales y suelos certificados por el MTI a los cuales se le realizarán diferentes ensayos para determinar las propiedades físico-mecánicas

1.6.4.1 Contenido de humedad

Los materiales y equipos a utilizar serán los siguientes:

Pala, barra, pasteadora, palín doble, balanza de 0.1 gr. de sensibilidad, tara para humedad, horno, cucharón, charola, bolsas plásticas, tarjetas para identificar las muestras.

1.6.4.1.1 Contenido de humedad se determina:

Se determina

$$W = \frac{\text{Peso del agua contenida}}{\text{Peso seco}} = \frac{Wh - Ws}{Ws}$$

Dónde:

W: Humedad
Wh : Peso de muestra húmeda
Ws : Peso de muestra seca

1.6.4.2 Determinación de la gravedad específica (ASTM D-558; AASHTO T 93-86)

1.6.4.2.1 Equipo a utilizar:

1. Matraz aforado de cuello largo (frasco volumétrico), de 500 CC. De capacidad a Temperatura de calibración de 20ºC.
2. Agua destilada.
3. Dispositivo de succión neumática, capaz de producir el grado de vacío (opcional).
4. Dispositivo para calentar agua, con temperatura controlable.
5. Balanza de un centésimo de grado de aproximación y capacidad de 1Kg.
6. Horno a temperatura constante de 100 a 110º C.
7. Un desecador.
8. Batidor mecánico.
9. Termómetro con aproximación de 0.1º C, graduado hasta 50º C.

10. Cápsulas para evaporación.
11. Pipeta o cuenta-gotas (gotero).
12. Embudo de vidrio de conducto largo

Determinación de la gravedad especifica

Se determinara

$$Gs = \frac{Ws}{Wfw\ Ws\ Wfsw} \qquad \text{(Fórmula. 8)}$$

Donde:

Ws = Peso seco del suelo.
Wfsw = Peso del frasco + peso del suelo + peso del agua.
Wfw = Peso del frasco + peso del agua (de la curva de calibración).
Gs = Gravedad específica de las partículas sólidas del suelo.

1.6.4.3 Determinación del análisis granulométrico (ASTM D-422; AASHT0 T 27- 88)

Equipo:

1 Juego de tamices 3”, 2 ½”, 2”, 1 ½“, 1”, ¾“, ½“, 3/8”, No. 4, N°. 10, N°. 40, N°. 200, tapa y fondo.
2. Balanza de 0.1 gr. de sensibilidad.
3. Mortero con su pisón.
4. Horno con temperatura constante de 100 – 110º C.
5. Taras.
6 Cuarteador.

Límites de consistencia o límites o de Atterberg de los suelos. (ASTM D 4318, AASHTO T 89-90 y T 90-87)

1.6.4.4 Determinación del límite líquido (L.L)

Equipo

1. Aparato de Arturo Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal.
2. Espátulas flexibles.
3. Cápsula de porcelana.
4. Tamiz N°. 40.
5. Atomizador.
6. Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
7. Horno con temperatura constante de 100 a 110º C.
8. Taras con su tapa

1.6.4.5 Determinación de limite plástico (l.p.)

Equipo a utilizar

1. Vidrio esmerilado o papel absorbente.
2. Taras.
3. Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
4. Horno con temperatura constante de 100 a 110º C.

Se calcula el límite de contracción por la fórmula:

$$\boldsymbol{Lc} = \frac{\boldsymbol{Wm} - \boldsymbol{Ws}\,(\boldsymbol{V1} - \boldsymbol{V2})\gamma \boldsymbol{w}\,\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{Ws}}\ \boldsymbol{x}\ 100 \qquad \text{(Fórmula. 9)}$$

Lc = Límite de Contracción.

Wm = Peso de la muestra húmeda.

Ws = Peso de la muestra seca.

V1 = Volumen de la muestra húmeda.

V2 = Volumen de la muestra seca.

w = Peso específico del agua a temperatura de ensaye.

1.6.4.6 Ensaye proctor estandar (ASTM D 698)

Equipo a utilizar.

1. Un molde de compactación. Constituido por un cilindro metálico de 4” de diámetro interior por 4 ½ de altura y una extensión de 2 ½ “de altura y de 4” de diámetro interior.
2. Un pisón metálico (martillo proctor) de 5.5 lb. de peso (2.5 Kgs.) de 5 cm (2”) de diámetro.
3. Una guía metálica de forma tubular de 35 cm de largo aproximadamente.
4. Una regla metálica con arista cortante de 25 cm de largo.
5. Una balanza de 29 Kg de capacidad y 1.0 gr. de sensibilidad.
6. Una balanza de 500 gr., de capacidad y de 0.01 gr., de sensibilidad.
7. Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 – 110º C.
8. Charolas metálicas.
9. Probetas graduadas de 500 cm^3
10. Extractor de muestras.
11. Tara para determinar humedad.

$$\gamma\mathbf{h} = \frac{\boldsymbol{Wm}}{\boldsymbol{Vc}} = \frac{Wme - We}{Vc} \qquad \text{(Fórmula. 10)}$$

$$\gamma\mathbf{d} = \frac{\gamma\mathbf{h}}{\mathbf{1} + \boldsymbol{W}}$$

Dónde:

h = Peso volumétrico húmedo.
d = Peso volumétrico seco.
Wm = Peso de la muestra compactada.
We = Peso del molde cilíndrico
Vc = Volumen del cilindro
W = Contenido de humedad al tanto por uno.
Wme = Peso de muestra compactada + peso del cilindro

1.6.4.7 Valor relativo soporte o relación de soporte de california C.B.R. (ASTM D 1883-73)

Equipo:
1. Molde metálico cilíndrico de compactación de 15.24 cm de diámetro interior y 17.78 cm de altura interior. Debe tener un collarín de extensión metálica de 5.08 cm de altura y una placa base metálica de 9.5 mm de espesor, con perforaciones de diámetro igual o menor a los 1.5 mm.
2. Disco espaciador (fondo falso) de 15.1 cm de diámetro y 6.14 cm de altura.
3. Martillo de compactación Proctor Estándar o Modificado.
4. Aparato para medir la expansión con deformimetro de carátula con precisión de 0.01 mm.
5. Pesas para sobrecargas, una metálica anular y varia metálicas ranuradas con un peso de 2.27 kg cada una y 14.9 cm de diámetro, con una perforación central de 50.4 cm de diámetro.
6. Maquina C.B.R., equipada con pistón de penetración (diámetro de 4.953 cm, con sección transversal de 19.4 cm^2) y capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/minutos y con anillo de carga de 50 kN y un deformimetro de 0.02 mm.
7. Papel filtro circular.
8. Horno con temperatura constante de 110±5ªC
9. Herramientas y accesorios, recipientes llenos de agua y tamices de ¾ y N°. 4.

Calcular la densidad de la muestra compactada con la fórmula siguiente:

PV de la muestra $\gamma m = \frac{(Wm + M) - Wm}{Vm}$ (Fórmula. 11)

Dónde:

Wm+M = Peso de la muestra más el molde
Wm = Peso del molde vacío
Vm = volumen interno del molde.

1 Calcular la expansión de la muestra como porcentaje de su altura inicial con la siguiente expresión.

$$E\% = \frac{Lf - Li}{H} x\ 100$$ (Fórmula. 12)

Lf = Lectura final para cada tiempo transcurrido
H = altura inicial de la muestra de suelo

Calcule las cargas unitarias requeridas para cada penetración, relacionando la carga entre el área del pistón de penetración.

2 Calcule el CBR de los valores estándar de la siguiente manera:

$$\mathbf{CBR\ 0.1\ "} = \frac{\textbf{Presión de penetración para 0.1"}}{\textbf{Carga unitaria patrón para 0.1" de penetración}} \mathbf{X\ 100}$$

$$\mathbf{CBR\ 0.2\ "} = \frac{\textbf{Presión de penetración para 0.2"}}{\textbf{Carga unitaria patrón para 0.2" de penetración}} \mathbf{X\ 100}$$

Índices de serviciabilidad

Valores para serviciabilidad inicial (po)

El valor establecido en el experimento vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de 4.2, y para pavimentos rígidos 4.5.

Valores para serviciabilidad final (pt)

Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico:
pt =2.5 -3.0

Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas Interurbanas, pt = 2.0-2.5

Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de pt = 1.8-2.0

Pérdidas de serviciabilidad

Se calcularan las pérdidas de serviciabilidad con la siguiente formula:

$\Delta PSI = p_0 - p_t$ (Fórmula.13)

Análisis de cargas y ejes equivalentes (ESAL`s de diseño)

Para realizar la ESAL`s de diseño se deberán tener los datos de los pesos de vehículos que circulan en la vía en estudio y el factor equivalente que variara según el tipo de vehículo, la cual se determina con las siguientes formula:

ESAL`s = TD * factor de carga. (Fórmula. 14)

Confiabilidad (R)

Los niveles de confiabilidad los recomienda la AASTHO para diferentes clasificaciones funcionales.

Desviación estándar (S0)

El valor de la desviación estándar está ligado directamente del nivel de confiabilidad seleccionado.

Módulo de resiliente (MR)

Para este valor se tomaran los siguientes parámetros:

MR = 1,500 * CBR1 (para materiales de sub rasante con CBR menor a 10%)
MR = 4,326 * ln * CBR1+241 (para materiales de sub rasante con CBR mayor a 20%)
MR = módulo resiliente
ln = logaritmo natural

CBR1= CBR de diseño, este valor está en relación a criterios del instituto de asfalto.

Cálculo de número estructural (SN)

Para el cálculo de SN se utilizara el abaco de diseño para pavimento flexible de la AASTHO

Espesores de capas (E)

Para este cálculo se tendrá que tomar en cuenta que el espesor de adoquinado esta estandarizado en cuatro pulgadas ese valor se multiplicara por un coeficiente de carpeta el cual es equivalente (a1=0.45)

Fórmula para cálculo de base:

SN = SN2 - SN1 (Fórmula. 15)

Dónde:
SN1 = espesor de adoquinado a1
SN2 = valor obtenido de ábaco

1.6.5 Estudio hidrotécnico

1.6.5.1 Estudio hidrológico

En este procedimiento se realizara con el método racional el cual es aplicable a áreas menores de 80 ha con el siguiente orden:

Cálculo de caudal

Q = C.I.A/K (Fórmula. 16)

Dónde:
C: el coeficiente medio de escorrentía
A: área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km^2
I: la intensidad media de precipitación en mm/hora
K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A

Coeficiente de escorrentía

Este término es una variable que se obtendrá basado sobre los porcentajes de diferentes tipos de superficie en el área de drenaje, de acuerdo a las visitas realizada en el área del proyecto.

Intensidad media de precipitación

$$\boldsymbol{I} = \frac{\boldsymbol{A}}{(\boldsymbol{T}+\boldsymbol{d})\boldsymbol{b}} \qquad \text{(Fórmula 17)}$$

Dónde:

I (mm\h): La intensidad media diaria de precipitación

T, d, b: parámetros que varían para las curvas que se generan en cada estación hidrometeorológica.

Tiempo de concentración

$$tc = 0.0041\left(\frac{3.28*L}{\sqrt{Sc}}\right)^{0.77} \qquad \text{(Fórmula. 18)}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración (min)

L: Longitud del cauce principal en (km)

S: Pendiente del cauce principal (m/m)

A: Área de la cuenca (Km^2)

H: Diferencia de alturas (m)

Estudio Hidráulico

Con los datos obtenidos del estudio hidrológico se procederá a la realización del seccionamiento de cunetas, alcantarillas o badenes según lo que se requiera, con el programa HCANALES para el cual se necesitaran los siguientes datos caudal, ancho de solera, talud, rugosidad y pendiente.

Para la determinación de los parámetros que se incluye en el estudio hidráulico se tendrán las siguientes formulas:

$$Q = V * A \qquad \text{(Fórmula.19)}$$

Dónde:

$$V = \frac{\sqrt{s}}{n} Rh\text{^}2/3$$

$$Rh = \frac{A}{P}$$

Q = Caudal, m^3/s

V = Velocidad media, m/s

A = Área de la sección transversal húmeda, m^2

P = Perímetro mojado, m

Rh = A/P; Radio Hidráulico, m

S = Pendiente longitudinal, m/m

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

1.6.6 Criterios de rentabilidad.

1.6.6.1 Valor actual neto económico (VANE)

Indica la ganancia o la rentabilidad neta generada por el proyecto. Se puede describir como la diferencia entre lo que el inversor da a la inversión (K) y lo que la inversión devuelve al inversor (Rj).

$$VANE = \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{Vt}{(1+k)\text{^}t}\right) - I_0 \qquad \text{(Fórmula.20)}$$

Dónde:

Vt = representa los flujos de caja en cada período t.

I_0 = es el valor del desembolso de la inversión.

n = es el número de períodos considerados.

K = es el tipo de interés.

La siguiente tabla muestra los criterios de decisión del VANE.

Cuadro N° 1. Criterios de decisión del VANE

Resultado	Decisión
Positivo (VANE mayor que cero)	Se acepta
Nulo (VANE igual a cero)	Indiferente
Negativo (VANE menor que cero)	Se rechaza

Fuente: Curso de formulación y evaluación de proyectos de inversión 2013.

1.6.6.2 Tasa interna de retorno económico (TIRE).

Se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados iguales a los costos sociales.

$$\text{VANE} = \sum_{i=0}^{n} \left(\frac{Ft}{(1+TIRE)\hat{}t} \right) = 0 \qquad \text{(Fórmula.21)}$$

Ft = Flujo de caja en el tiempo t.

I_0 = es el valor del desembolso de la inversión.

n = es el número de periodos considerados.

1.6.6.3 Relación beneficio/costo.

Representa cuanto se gana por encima de la inversión efectuada. Igual que el VANE y la TIRE, el análisis de beneficio-costo se reduce a una sola cifra, fácil de comunicar en la cual se basa la decisión. Solo se diferencia del VANE en el resultado, que es expresado en forma relativa.

$$R\ B/C = \frac{VAB}{VAC+I_0} \qquad \text{(Fórmula 22)}$$

Dónde:

VAB = Valor actual de los beneficios.
VAC= Valor actual de los costos.
I_0 = es el valor del desembolso de la inversión.

La siguiente tabla muestra los criterios de decisión de la R B/C:

Cuadro N° 2 Criterios de decisión de la R B/C

Resultado	Decisión
Mayor (R B/C > 1)	Se acepta
Igual (R B/C = 1)	Indiferente
Menor (R B/C < 1)	Se rechaza

Fuente: Curso de formulación y evaluación de proyectos de inversión 2013

CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO

2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto mejoramiento de la carretera San Sebastián de Yalí - Condega y Empalme La Laguna - La Laguna, localizado en los municipios de San Sebastián de Yalí y Condega**;** constituye un tramo de mucha importancia para expeditar la comunicación entre las comunidades de los dos municipios y por consiguiente, la comunicación intermunicipal e interdepartamental.

Al desarrollarse este proyecto se quiere mejorar la calidad de transporte, la capacidad y la seguridad en el corredor del proyecto mediante inversiones en infraestructura vial.

2.2 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO SAN SEBASTIÁN DE YALI

Este municipio cuenta con un total de siete micro regiones y 44 comunidades.

2.2.1 Población del municipio

En el área urbana los hombres representan el 45.67% de la población y las mujeres el 54.33%. En el área rural los hombres significan el 52.75% y las mujeres el 47.25% de la población.

La población urbana representa el 26.59% con 4,476 habitantes y la población rural representa el 73.41% con 22,503 habitantes de acuerdo información de la alcaldía de San Sebastián de Yalí. De acuerdo a proyecciones para el 2016, la población de San Sebastián de Yalí, se estima en 31,276 habitantes, con tasa de crecimiento poblacional de 1.9 % anual. La población del municipio de San Sebastián de Yalí, se descompone de la forma siguiente:

Cuadro Nº 3. Población del municipio San Sebastián de Yalí

Población del municipio			
Descripción	**Número de habitantes**	**Hombres**	**Mujeres**
Total Urbano	**4,476**	**2,049**	**2,427**
Sector Nor Oeste	783	347	436
Sector Nor Este	1305	605	700
Sector Sur Este	1818	837	981
Sector Sur Oeste	570	260	310
Comarcas	**22,503**	**11,869**	**10,728**
Distrito 1	1913	986	927
Distrito 2	1064	554	510
Distrito 3	1087	589	498
Distrito 4	1645	859	786
Distrito 5	2060	1101	959
Distrito 6	2939	1550	1389
Distrito 7	3675	1908	1767
Distrito 8	2809	1478	1445
Distrito 9	1381	741	640
Distrito 10	1233	676	557
Distrito 11	1039	562	477
Distrito 12	1658	885	773
Total Municipio	**26,979**	**13,918**	**13,255**

Fuente: INIDE-Alcaldía Municipal

2.3 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE CONDEGA

2.3.1 Poblados del municipio

El municipio de Condega tiene 18 barrios y 56 comarcas

2.3.2 Población del municipio

En el área urbana los hombres representan el 47.0 % de la población y las mujeres el 53.0 %. En el área rural los hombres significan el 51.0 % y las mujeres el 49.0 % de la población.

La población urbana representa el 35.0 % con 9,894 habitantes y la población rural representa el 65.0 % con 18,587 habitantes de acuerdo a información de la alcaldía de Condega.

De acuerdo a proyecciones para el 2016, la población de Condega, se estima en 30,166 habitantes, con tasa de crecimiento poblacional de 0.3 % anual.

La población del municipio de Condega, se descompone de la forma siguiente:

Cuadro Nº 4. Población del municipio Condega

Población del municipio			
Descripción	**Número de habitantes**	**Hombres**	**Mujeres**
Total municipio	**28,481**	**14,174**	**14,307**
Total Urbano	9,894	4,687	5,207
TOTAL RURAL	**18,587**	**9,487**	**9,100**
Micro Región II	789	398	391
Micro Región III	2,473	1,218	1,255
Micro Región IV	**3,604**	**1,836**	**1,768**
Micro Región V	2,009	981	1,028
Micro Región VI	2,084	1,068	1,018
Micro Región VII	1,288	684	604
Micro Región VIII	2,213	1,175	1,038
Micro Región IX	1,573	809	764
Micro Región X	550	279	271
Micro Región XI	2,004	1,041	963

Fuente: INIDE-Alcaldía Municipal

2.4. POBLADOS DE YALI – CONDEGA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

En la zona de influencia del proyecto se localizan los siguientes poblados y comarcas:

Cuadro Nº 5. Comunidades localizadas en la zona de influencia directa del proyecto

	San Sebastián de Yalí:		Condega:
Nº	Nombre de la Comunidad	Nº	Nombre de la Comunidad
1	Yalí Urbano	1	Condega Urbano
2	Quiates	2	Ocote
3	Rodeito	3	Santa Lucia
4	La Vainilla	4	Los Potrerios
5	Las Guayabas	5	Gualiqueme
6	Las Lajas	6	Jesús María
7	Yeluca	7	Gualiqueme
8	Quebrada Arriba	8	San Luis
9	Buena Vista	9	San Diego
10	Cerro Colorado	10	El Hato
11	El Tigre		
12	La Laguna		

Fuente: INIDE y MAGFOR

También se beneficia el área urbana de San Sebastián de Yalí y Condega. Todas ellas están en el rango de influencia directa del proyecto.

2.4.1 Población localizada en el área de influencia del proyecto

Es de mencionar que las comunidades identificadas en el área de influencia del proyecto son directamente afectada por cualquier intervención de la red vial de la zona y está constituida por pequeños grupos de poblaciones rurales que utilizan la red ya sea para transportarse por satisfacer necesidades básicas, para comercio o recreación.

La composición de la población se muestra en el cuadro siguiente.

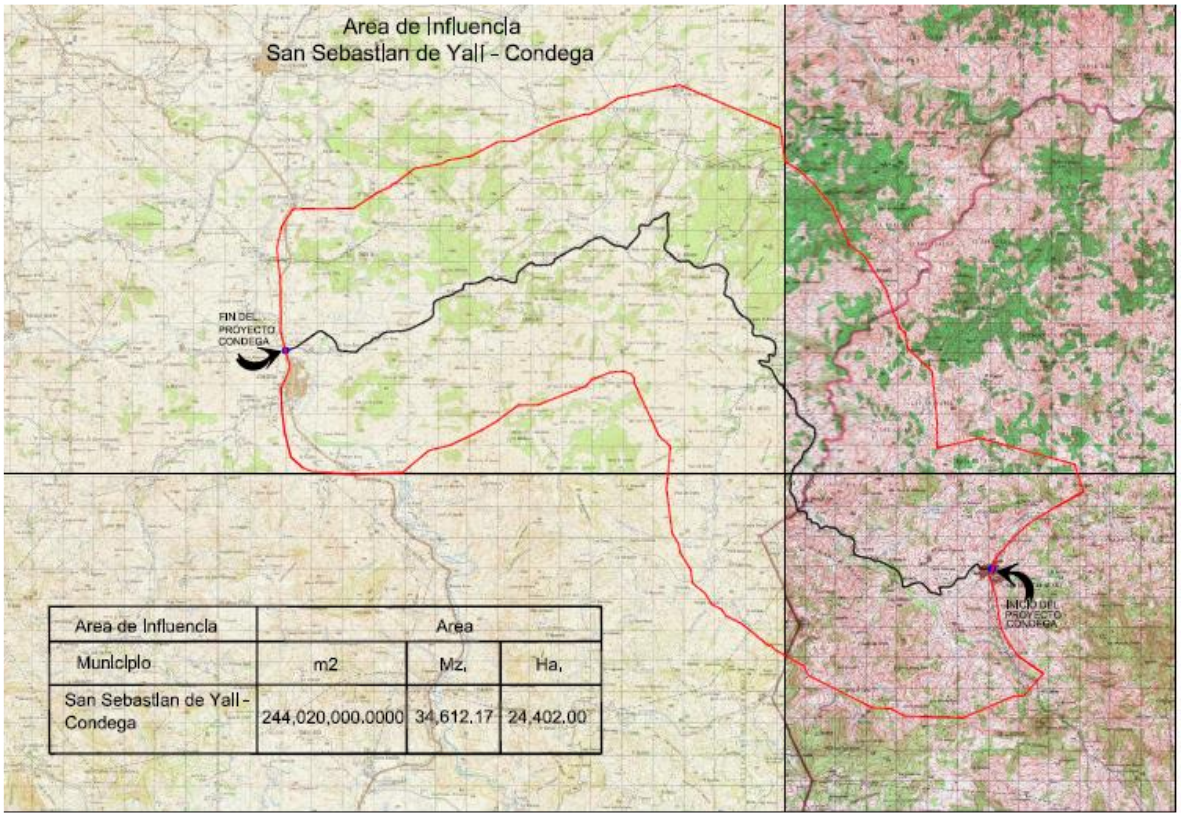
Cuadro Nº 6. Población zona de influencia de los dos municipios, año 2010

Nº	COMUNIDAD	HABITANTES	Nº	COMUNIDAD	HABITANTES
1	Yalí Urbano	4,543	11	Condega Urbano	10,870
2	Quiate	141	12	Ocote	55
3	Rodeíto	195	13	Santa Lucía	444
4	La Vainilla	279	14	Los Potrerios	540
5	Las Guayabas	135	15	Gualiqueme	159
6	Las Lajas	90	16	Jesús María	134
7	Yeluca	210	17	Gualiqueme	311
8	Quebrada Arriba	144	18	San Luis	59
9	Buena Vista	264	19	San Diego	740
10	Cerro colorado	90	20	El Hato	95
11	El tigre	390	21		
12	La laguna	275	22		
Totales		6,756			13,407
Total		20,163			

Fuente: INIDE, MAGFOR y encuestas

Lo que significa que 20,163 habitantes serian beneficiados si se considera la población del área urbana que se beneficia con la construcción del camino.

Figura Nº 1. Área de influencia del proyecto



Fuente INITER

El área de influencia directa con 24,402 Ha. inicia en el sector circundante del poblado de San Sebastián de Yalí del municipio de Jinotega y finaliza en el poblado de Condega, municipio de Estelí, encontrándose a lo largo del corredor 12 comunidades con una población de 6,756 habitantes del municipio de San Sebastián de Yalí, incluida la población urbana del municipio; y 9 comunidades del municipio de Condega con 13,407 habitantes, incluido el municipio urbano de Condega, con longitud de 38.922 Km. (Línea principal) encontrándose a lo largo del corredor los siguientes caseríos y poblados.

2.5. NECESIDADES BÁSICAS PARA AMBOS MUNICIPIOS

2.5.1. Sector salud

2.5.1.1 Centro de salud San Sebastián de Yali

De acuerdo a datos del MINSA de San Sebastián de Yalí, la cabecera municipal cuenta con un centro de salud, el cual es tipo C, este centro está compuesto por 47 personas en total los cuales se clasifican en: 9 médicos todos generales, 4 trabajadores sociales, 9 auxiliares, 7 enfermeras generales, 2 conductores, 2 conserjes, 1 contador, 1 kardista, 2 regentes, 1 recepcionista, 2 archivadoras, 3 estadísticos, 2 secretarias, 3 higienistas o personas que atienden enfermedades de transmisión vectorial.

En Yalí se cuenta con 54 casas bases que atienden enfermedades como diarreas, malaria, son sitios de coordinación de parteras y brigadistas de salud en un número al menos igual uno por casa.

Yalí cuenta con 5 puestos de salud en el área rural localizados en las siguientes comunidades: La Rica, El Bijagual, La Pavna, Las Vegas, Santa Rosa.

En todos estos puestos existen visitas de médicos programadas con regularidad que brindan consultas.

La población de San Sebastián de Yalí son: 31,856 habitantes según proyecciones en el 2016 de ellos 5,560 son habitantes urbanos y los demás 26,296 son rurales. El puesto de salud de la cabecera municipal manifiesta según datos del MINSA que atiende 14,899 personas de atención primaria y 13,890 personas de toda la diferencia poblacional, esto se debe a que el centro de salud urbano atiende a personas que no necesariamente viven en el área urbana.

Sobre la ruta del tramo Yalí se tienen ubicados dos centro de salud rural, uno en El Bramadero atiende a 3,470 personas, otro en la Laguna la cantidad de población que atiende es de 4,114 personas, estas de las comunidades aledañas.

En el 2016 se dieron un total de 7,315 consultas médicas o atenciones mensuales, equivalente a 87,780 pacientes atendidos, entre ellos se dieron 8,831 consultas a embarazadas, existen también aproximadamente 695 niños menores de un año, 761 niños de entre 1-2 años, y entre 2-4 años 2,539 niños.

2.5.1.2 Centro de salud Condega

En la cabecera municipal de Condega cuenta con un centro de salud tipo C, en total son 55 personas por todos, entre ellos están: 5 médicos, 16 auxiliares de enfermería, 4 enfermeras generales, 1 conductor, 1 conserje, 1 contador, 1 kardista, 1 regente, 1 auxiliar de farmacia, 3 higienistas o personas que atienden enfermedades de transmisión vectorial, 2 clínicas odontológicas, y el resto es administrativo. Se cuenta con 54 casas bases que atienden enfermedades como diarreas, malaria, estas son sitios de coordinación de parteras y brigadistas de salud en un número al menos igual uno por casa

En el área rural Condega cuenta con 7 puestos de salud, 13 casas bases y 65 unidades de rehabilitación oral y 70 unidades contra malaria,

La población que atiende la cabecera municipal de Condega son: 30,190 habitantes según proyecciones en el 2016 de ellos 9,177 son habitantes urbanos y los demás 21,012 son rurales. El puesto de salud de la cabecera municipal manifiesta según datos del MINSA que atiende 15,230 personas de atención primaria y 14,600 personas de toda la diferencia poblacional, esto se debe a que el centro de salud urbano atiende a personas que no necesariamente viven en el área urbana.

Sobre la ruta del tramo Condega está ubicado otro centro de salud rural en El Bramadero, la cantidad de población que atiende 4,600 personas de las comunidades aledañas.

2.5.1.3 Datos de salud en ambos municipios

La mortalidad infantil del municipio de Condega referida es del 3,7 % mientras que la mortalidad infantil de referencia de San Sebastián de Yalí es de 2.9 %.

La tasa de fecundidad es de 2.9 en Condega y en Yalí es de 2.7% al año.

Las enfermedades más frecuentes en ambos municipio son las siguientes:

Infecciones renales, Catarro común, Artritis, Asma, Bronquitis, Amigdalitis, Diarreas, Laringitis, Parasitosis

En los programas de vacunación se atienden anualmente a más de 4,518 niños menores de 5 años. En el municipio de San Sebastián de Yalí, mientras que en Condega se atiende a 2,990 menores de 5 años. Se realiza las jornadas de vacunación en períodos programados.

A nivel del municipio, en los puestos de salud se realizan atenciones básicas como: morbilidad general, atención prenatal, VPCD, planificación familiar, inmunización, promoción de la lactancia materna, educación popular (charlas, coordinación comunitaria y actividades preventivas en general), visita de terreno a las comunidades, capacitación de brigadistas y parteras y vigilancia epidemiológica del sector.

2.5.1.4 Servicios en los centros de salud:

Atención a la niñez: Vigilancia y Promoción del Crecimiento y Desarrollo (VPCD), inmunizaciones, atención de morbilidad general.

Atención a la mujer: Control prenatal, atención del parto, control de puerperio, planificación familiar, citología vaginal, inmunizaciones, consulta odontológica servicio de laboratorio.

Se cuenta con una sala de laboratorio y parto, sala de odontología, sala de atención integral a la mujer, sala de atención integral del niño, sala de crónicos, sala de morbilidad general.

2.5.1.5 Principales problemas de salud de ambos municipios

Condega:

- Prevalencia de enfermedades endémicas.
- Bajos niveles sanitarios.
- Alta mortalidad infantil.

San Sebastián de Yalí:

- Bajo nivel de abastecimiento de medicinas, sobre todo en las aéreas rurales.
- Las enfermedades más comunes que padece la población son enfermedades respiratorias (en invierno) más que todo a pacientes crónicos, asma, diabetes, epilepsia, insuficiencia renal.
- Problemas de presupuesto para los medios de transporte.

Para obtener el dato del rango de población menor de un año se usó la suma de los dos municipios conociendo que los nacimientos estimados para San Sebastián de Yalí

en el 2016 fueron aproximadamente 892, mientras que en Condega fueron aproximadamente 598 dando un total de 1,490.

La estimación del dato de los niños de 1 a 4 años sale de los niños vacunados por municipio que está arriba, siendo para el municipio de San Sebastián de Yalí 4,518, mientras que en Condega 2,990.

En tanto, para conocer el total de mujeres mayores de 15 años en los dos municipios se tomó la estimación oficial de INIDE 14,453 en ambos municipios.

Esto son los porcentajes que tienen acceso a un centro de salud, y la distancia que recorre la población atendida por estos centros oscila en 10 kilómetros aproximadamente.

2.5.2 Sector educación

El sector educación de los municipios de San Sebastián de Yalí en Jinotega y Condega en Estelí está organizado por un delegado municipal, la administración y el equipo técnico. También por los directores de los centros educativos. Los maestros centralizados son atendidos por un técnico del sector.

La responsable de estadística del Ministerio de Educación de San Sebastián de Yalí Licenciada Martha Arauz afirma que en el municipio hay 65 escuelas primarias, que tienen un total de matrícula en el subsistema por el orden de 5,055 estudiantes, y son cubiertos por un total de 175 profesores.

En San Sebastián de Yalí existen 1,429 estudiantes matriculados en 10 centros escolares con un total de 49 profesores en el subsistema, mientras que en la secundaria a distancia existe un centro educativo, con 10 profesores que atiende un número total de 408 estudiantes.

La universidad más cercana por acceso está ubicada en Estelí y es la Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí de la UNAN Managua.

Cuadro Nº 7. Educación en San Sebastián de Yali

Tipo de centro	Nº. Alumnos
Preescolar, Formales(Privados)	289
Preescolar no formales (casas particulares)	1,047
Primaria Regular (1ro A 6to Grado)	2,323
Primaria Multigrado Rural	3,597
Acelerada	182
Educación de Adultos	121
Secundaria Diurna	1,121
Secundaria Nocturna	280
Secundaria a Distancia	808
Universidad Agrícola	140

Fuente: Delegación MINED, San Sebastian de Yalí

En cuanto al municipio de Condega las estadísticas educativas brindadas por el Ministerio de Educación central de manera específica por el Licenciado Manuel Guevara de estadísticas centrales del Ministerio de Educación son las que se reflejan en el cuadro a continuación.

Cuadro Nº 8. MINED Condega, Estelí

Programa	Nº de estudiantes	Nº de profesores	Nº de centros
Pre escolar urbano	142	8	3
Pre escolar rural	604	40	46
Primaria urbana	1552	58	7
Primaria rural	3397	141	74
Secundaria urbana	1892	58	7
Secundaria rural	603	18	7
Total	8190	323	144

Fuente. Índice de Estado Educativo Municipal (MINED, Sistema Estadístico Nacional-SEN, mayo del 2008)

2.5.2.1 Índice de estado educativo municipal San Sebastián de Yali

El municipio es clasificado como bueno, ocupa el puesto dos dentro del departamento y el puesto 52 dentro de la clasificación general del país. Posee aceptable cobertura de primaria, baja repetición de secundaria y alta retención preescolar y aceptable retención en primaria. Sus retos, baja retención en primaria y baja retención de secundaria, baja aprobación de primaria y secundaria.

2.5.2.2 Índice de estado educativo municipal Condega

El municipio es clasificado como regular, ocupa el puesto sexto y último dentro del departamento y se sitúa en el lugar 130 dentro de la clasificación general del país. El municipio tiene alta cobertura en primaria y secundaria. Sus retos, baja cobertura de preescolar, alta repetición escolar, baja retención y aprobación escolar.

2.5.2.3 Niveles de accesibilidad a la educación y la salud para ambos municipios

De acuerdo a encuesta realizada en los colegios y puestos de salud, se obtuvieron los siguientes resultados de niveles de acceso a los centros de salud y centros escolares:

Cuadro Nº 9. Niveles de accesibilidad y salud

Distancias a centros de salud San Sebastián de Yali y Condega				Distancias a centros escolares de San Sebastián de Yali y Condega		
Comunidad	Distancia en Kms.	Tiempo recorrido minutos	Tipo de transporte	Distancia en Kms.	Tiempo recorrido minutos	Tipo de transporte
Quiatas	11.0	30	MB	2	10	A pie
Rodeítos	12.0	35	MB	3	15	A pie
La Vainilla	2.7	15.20	A pie	2	10	A pie
Las Guayabas	12.0	25	MB	2	10	A pie
Las Lajas	9.0	30	MB	2.5	15	A pie
Yeluca	10.0	15	MB	2	10	A pie
Quebrada Arriba	10.0	30	MB	2	10	A pie
La Bolsa – Buena Vista	8.0	15	MB	3	15	A pie
Cerro Colorado	10.0	15	MB	2	12	A pie
El Tigre	11.5	30	MB	2	7	A pie
Jocote Abajo	10.0	15	MB	2.5	15	A pie
Jocote Arriba	10.0	30	MB	2.5	15	A pie
Gualiqueme	8.0	15	MB	3	15	A pie
El Tule	10.0	15	MB	3	15	A pie
Guayacali	11.5	30	MB	2	10	A pie
La Laguna	10.0	15	MB	3	15	A pie
El Hato	10.5	30	MB	2.5	15	A pie
Santa Rosa	8.0	15	MB	3	15	A pie
Santa Isabel	10.0	15	MB	2	10	A pie
San Diego	8.0	30	MB	2	10	A pie
Jesús María	10.0	15	MB	2	10	A pie
Los Potreirios	10	15	MB	2	10	A pie

Fuente: Encuesta de Campo, 2011

2.6 CATEGORÍA DE SOCIOECONOMICA POR MUNICIPIO

2.6.1. Categoría de pobreza municipio de Condega

El municipio de Condega tiene una incidencia de pobreza extrema del 31.7%, reflejando con esto que los hogares de los barrios y/o comarcas del municipio tienen

uno o más necesidades básicas descubiertas lo que lo ubica por encima del primer cuartil[1] pero por debajo del segundo cuartil de los hogares de pobreza extrema, lo que lo clasifica en la categoría de pobreza media**.**

De acuerdo a información del INIDE, en promedio, tanto en la parte rural como en la parte urbana del municipio de Condega, el 31.7% del total de la población padece de pobreza extrema, el 35.4% son pobres no extremos y el 32.0% son no pobres. En la parte rural, los pobres extremos lo constituyen el 76.0% y en la parte urbana equivalen al 24.0%. En el cuadro siguiente se detalla esta información:

Cuadro nº 10. Descripción de los niveles de pobreza en el municipio de Condega

Descripción	Porcentaje
No pobres	32.0
Pobres no extremos	35.4
Pobres extremos	31.7
Totales	100.0

Fuente: Capitulo II, Mapa de Pobreza extrema municipal por el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI)/INIDE

En el cuadro anterior podemos ver que el 31.7% de los habitantes del municipio son pobres extremos, o sea que tienen una de sus necesidades básicas satisfechas; el 35.4% tienen cubierta una de las necesidades básicas para vivir.

El 76% de la población con pobreza extrema, está en la parte rural y el 24.0% de la población con pobreza extrema está localizada en la parte urbana, tal a como se expresa en el siguiente cuadro.

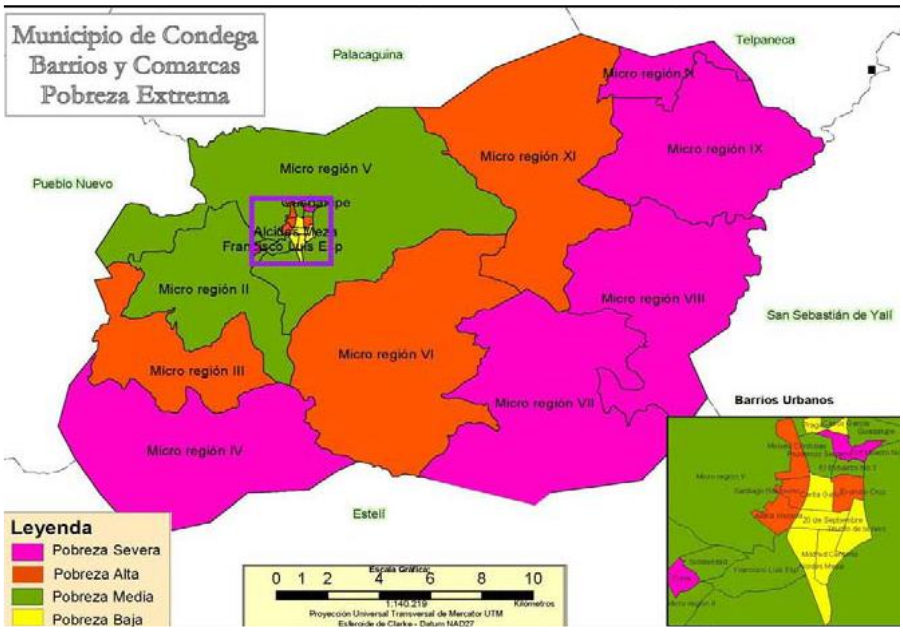
[1] La Metodología de los cuartiles ordena el conjunto de datos en orden ascendente y calcula puntos de corte que dividen a las observaciones en cuatro estratos utilizando los porcentajes de la incidencia de la pobreza extrema, de manera que cada estrato contenga el 25% de los datos. **Pobreza media:** Considera todos los municipios, barrios o comarcas que se encuentran por encima del primer cuartil, pero por debajo del segundo cuartil de los hogares en pobreza extrema.

Cuadro Nº 11. Distribución de la pobreza extrema en el municipio de Condega

Descripción	Hogares en pobreza extrema	Población en pobreza extrema	Porcentaje
Municipio de Condega	1,878	11,210	100.0%
Barrios	456	2,647	24.0%
Comarcas	1,422	8,563	76.0%

Fuente: Capitulo II, Mapa de Pobreza extrema municipal por el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI)/INID

Figura Nº 2. Incidencia de la pobreza extrema por barrio y comarca



2.6.2 Niveles de pobreza en San Sebastián de Yali

Categoría de Pobreza: El municipio tiene una incidencia de pobreza extrema del 51.3%, reflejando con esto que los hogares de los barrios y/o comarcas del municipio tienen dos o más necesidades básicas descubiertas lo que lo ubica por encima del

segundo cuartil[2] pero por debajo del tercer cuartil de los hogares de pobreza extrema, lo que lo clasifica en la categoría de pobreza media.

De acuerdo a información del INIDE, en promedio, tanto en la parte rural como en la parte urbana del municipio de San Sebastián de Yali, el 51.3% del total de la población padece de pobreza extrema, el 30.2% son pobres no extremos y el 18.6% son no pobres. En la parte rural, los pobres extremos lo constituyen el 90.0% y en la parte urbana equivalen al 10.0%. En el cuadro siguiente se detalla esta información:

Cuadro Nº 12. Descripción de los niveles de pobreza en el municipio de San Sebastián de Yalí

Descripción	Porcentaje
No pobres	18.6
Pobres no extremos	30.2
Pobres extremos	51.3
Totales	100.0

Fuente: Capitulo II, Mapa de Pobreza extrema municipal por el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI)/INIDE

En el cuadro anterior podemos ver que el 51.3% de los habitantes del municipio son pobres extremos, o sea que tienen dos de sus necesidades básicas satisfechas; el 30.2% tienen cubierta una de las necesidades básicas para vivir.

El 90.0% de la población con pobreza extrema, está en la parte rural y el 10.0% de la población con pobreza extrema está localizada en la parte urbana, tal a como se expresa en el siguiente cuadro (Ver figura No. 3).

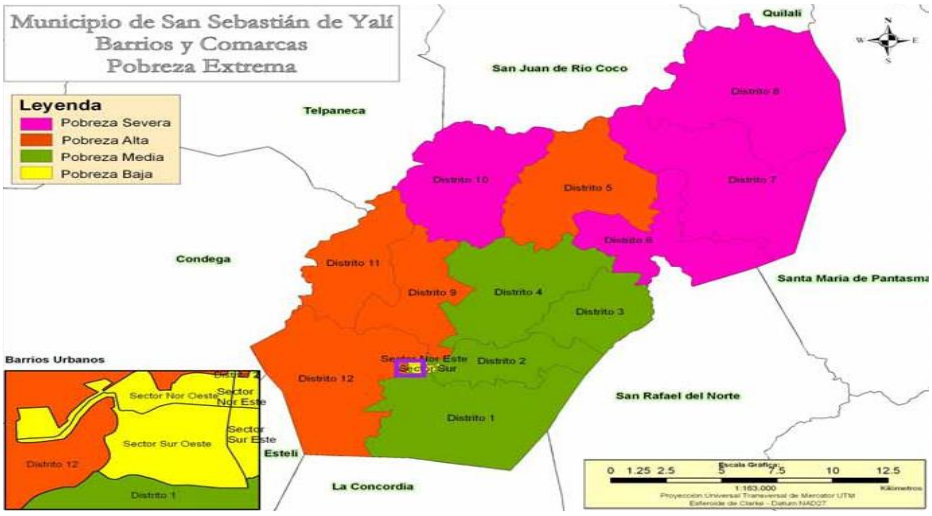
[2] La Metodología de los cuartiles ordena el conjunto de datos en orden ascendente y calcula puntos de corte que dividen a las observaciones en cuatro estratos utilizando los porcentajes de la incidencia de la pobreza extrema, de manera que cada estrato contenga el 25% de los datos. **Pobreza media:** Considera todos los municipios, barrios o comarcas que se encuentran por encima del primer cuartil, pero por debajo del segundo cuartil de los hogares en pobreza extrema.

Cuadro Nº 13. Distribución de la pobreza extrema en el municipio de San Sebastián de Yalí

Descripción	Hogares en pobreza extrema	Población en pobreza extrema	Porcentaje
Municipio de SS de Yalí	2,635	15,672	100.0%
Barrios	282	1,577	10.0%
Comarcas	2,358	14,095	90.0%

Fuente: Capitulo II, Mapa de Pobreza extrema municipal por el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI)/INIDE

Figura Nº 3. Mapa de los barrios de pobreza extrema en el municipio de San Sebastián de Yali



2.6.3 Descripción de las principales variables socioeconómicas del país y del municipio de San Sebastián de Yalí y Condega.

Cuadro Nº 14. Ocupación por sectores económicos San Sebastián de Yali

Municipio/barrio/ comarca	Asistencia Universitaria	PEA	Trabajo Permanente hombres	Trabajo Permanente mujeres	Trabajos Temporales hombres	Trabajos Temporales mujeres
San Sebastián de Yalí	169	9,034	4,253	975	3,186	411
Urbano	105	1,564	153	444	148	146
Rural	84	7,470	4,100	531	3,038	265

Fuente: INIDES

En el municipio de San Sebastián de Yalí existen unos 5,228 empleos permanentes, de los cuales el 19.0% son mujeres y el 81.0% son varones. Asimismo, se cuenta con 3,597 trabajos temporales localizados principalmente en el área rural.

2.7 ECONOMÍA MUNICIPAL DE CONDEGA

La base económica del municipio de Condega descansa en la producción agropecuaria, principalmente el cultivo de granos básicos, la ganadería extensiva es otra de las actividades de mayor relevancia, así como el tabaco y el café. El mal manejo de los suelos ha contribuido al deterioro de los mismos, creando condiciones desfavorables para la población.

Cuadro Nº 15. Ocupación por sectores económicos Condega

MUNICIPIO/BARRIO/ COMARCA	ASISTENCIA UNIVERSITARIA	PEA	TRABAJO PERMANENTE HOMBRES	TRABAJO PERMANENTE MUJERES	TRABAJOS TEMPORALES HOMBRES	TRABAJOS TEMPORALES MUJERES
Condega	564	9.696	2,590	1,402	4,361	900
Urbano	425	3,350	967	940	883	389
Rural	136	6,346	1,653	462	3,478	511

Fuente: INIDES

2.8 USO ACTUAL DE LOS SUELOS

Cuadro Nº 16. Proyecto San Sebastián de Yalí – Condega y empalme La Laguna – La Laguna

Uso Actual de los suelos
Proyecto: San Sebastián de Yalí - Condega

USO DE LA TIERRA	AREA EN HECTAREA	PORCENTAJE
CULTIVOS	**7,340.12**	**30.08%**
Café	3,723.75	15.26%
Fríjol	1,373.83	5.63%
Maíz	1,312.83	5.38%
Papa	458.76	1.88%
Otros Cultivos (Musáceas, Cítricos, Hortalizas, Caña de Azúcar y Frutales, etc.)	473.40	1.94%
PASTOS	**15,290.29**	**62.66%**
Natural	8,516.30	34.90%
Jaragua	5,797.92	23.76%
Estrella	519.76	2.13%
Taiwán	153.73	0.63%
Brachiaria	122.01	0.50%
Brizantia	92.73	0.38%
Asia	61.01	0.25%
Toledo	31.72	0.13%
BOSQUES	**1,007.80**	**4.13%**
Denso, Ralo y de Galería	1,007.80	4.13%
TACOTALES	**763.78**	**3.13%**
Tacotales	763.78	3.13%
TOTAL	**24,402.00**	**100%**

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos obtenido por encuesta, Cenagro y productores de la zona de influencia,

2.9 COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Los costos de producción, se proyectan en base a lo observado en el campo y conforme a la tecnología adoptada en la situación “con y sin proyecto” para cada uno de los cultivos. Los costos de producción adoptados se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro Nº 17. Costo de producción agrícola

Cultivos	Tecnología	
	Tradicional (C$/Ha)	Semitecnificado (C$/Ha)
Café	32,103.00	38,673.00
Frijol	4,463.00	6,694.00
Maíz	3,481.00	5,428.00
Papa	14,062.00	17,107.00

Fuente: Investigación de Campo y Tecnología Aplicada

Los rendimientos promedios del área de influencia del proyecto, se pueden apreciar en el cuadro Nº. 19.

Cuadro Nº 18. Rendimientos de producción en la zona de estudio

Rubro	Rendimiento Ton/Ha	
	Tradicional	Semitecnificado
Café	0.96-0.98	0.96-1.11
Fríjol	0.84	0.86
Maíz	1.61	1.80
Papa	2.58	2.58-2.70

Fuente: MAGFOR - Productores de la zona

Al momento de determinar el lugar de venta de los diferentes rubros, los productores venden sus productos a nivel municipal, departamental y nacional a excepción del rubro café que es de exportación (Fuente: Investigación realizada a productores de la zona).

2.9.1 Situación actual y perspectivas de la producción ganadera en la zona de influencia del proyecto.

La zona de influencia tiene un área de 15,290 Has, dedicadas a pasto, que representa el 62.66% de la superficie total, en donde 8,516 Has son pastos naturales y 6,774 Has son pastos cultivados principalmente: Jaragua y estrella. Sobre la superficie en pasto, se encuentra establecido un hato de 6,893 cabezas de ganado, en donde el 41.0% son animales machos, el 59% son formados por hembra. Manifestando una carga receptiva de 0.45 cabezas por hectárea. El período de lactancia es de 180 días con una producción de 4 litros en verano y 6 litros en invierno por día como promedio. Básicamente la función de producción es de doble propósito, con una mayor tendencia a la producción de leche. El precio de la leche es de C$10.00 el litro en invierno y verano (Sin clasificación alguna), ya que las fluctuaciones de precio han desaparecido por la existencia de acopiadores en todo el año.

Los indicadores técnicos encontrados en la zona de influencia, según el nivel de tecnología aplicado, se manejan los siguientes indicadores.

Cuadro Nº 19. Indicadores técnicos encontrados en la Zona de influencia

	Sin Proyecto	Con Proyecto
Tasa de natalidad	48	50
Tasa de mortalidad de terneros	4	2
Mortalidad de adultos	2.5	2
Duración de lactancia (días)	180	180
Producción leche vaca/día (Lts)	4 litros en verano	6 litros en invierno

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta a productores de la zona.

Estos indicadores son aplicados en la proyección de la producción sin y con proyecto tomando en consideración los siguientes criterios:

Cuadro Nº 20. Criterios de selección

Criterios	Sin Proyecto	Con Proyecto
Mejoramiento del Hato		X
Inseminación artificial		X
Desparasitación	X	X
Vacuna preventiva	X	X
Alimentación complementaria	X	X
Manejo de pasto		X

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta a productores de la zona.

2.9.2 Resumen de los aspectos de mejora en el estudio de mercado en la zona del proyecto

Se analizaron en el estudio aspectos de beneficios que tendría la producción de leche y ganado por ser estos rubros base de la economía de esta zona.

Sin mejora de la carretera: La producción de leche, tiende a crecer desde un volumen 561,600 litros en el año 1, hasta 2,495,541 litros de leche en el año 15, creciendo a un ritmo promedio anual de 128,929 litros por año, como efecto de un aumento de los índices de lactancia y la productividad de vaca por día.

Con mejora de la carretera: La producción de leche, tiende a crecer desde un volumen 842,400 litros en el año 1 hasta 4,669,351 litros de leche en el año 15, creciendo a un ritmo promedio anual de 255,130 litros por año, como efecto de un aumento de los índices de lactancia y la productividad de vaca por día.

Sin mejora de la carretera: La producción de ganado vacuno procedente de la extracción del hato es de 1,688 cabezas promedio anual, con un peso promedio de 320 Kg. durante los 15 años del proyecto, siendo estos en su mayoría terneros y novillos.

Con mejora de la carretera: La producción de ganado tiene una extracción promedio anual de 2,006 cabezas con un peso de 329 kilos cada una, efecto de la inversión en las áreas de pastos cultivadas y la compra de novillos consideradas para poder obtener un promedio de 0.7 cabezas por Ha, el índice de extracción son vacas, terneros y novillos obtenidos del proceso reproductivo y de compra para el engorde.

2.10 ZONA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO

Se denomina área de influencia directa como el área propensa a impactos directos con la intervención a realizarse con el proyecto, en los aspectos socioeconómicos, culturales, del medio ambiente y productivos.

Tomando en cuenta las características de las actividades en la zona de influencia directa del proyecto y las peculiaridades específicas referente a la densidad poblacional de los diferentes caseríos y poblados existentes, propio de zonas urbano – rurales de los municipios de San Sebastián de Yalí y Condega, se ha considerado que el área de influencia directa será de 3.0 kilómetros a cada lado del eje central de la carretera a rehabilitar, formando de esta manera un corredor de impacto de cerca de 38.922 kilómetros de largo (Línea principal) y 6.0 kilómetros de ancho, cubriendo una extensión aproximadamente de 233.53 km^2, es decir 23,353 Ha.; dato que fue ajustado en el campo, tomando en cuenta los aspectos topográficos entre otros. Después de estos ajustes, se obtuvo un área de 24,402.0 Ha. En el cuadro 2.10, se describe el uso actual de los suelos de la zona de influencia del proyecto, considerando un área de 24,402.0 Ha.

2.10.1 Zona de influencia indirecta del proyecto

Se denomina área de influencia indirecta como el área propensa a impactos indirectos con la intervención, en los aspectos socioeconómicos, culturales, del medio ambiente y productivos.

El (AII) constituye una región formada por el conjunto de comunidades, infraestructura y recursos naturales que están interrelacionados indirectamente con el proyecto y que serán generadoras y/o receptoras de tráfico vehicular, incluyendo otras comunidades circunvecinas. En el caso preciso de este proyecto, se utilizarán una mezcla de criterios administrativos (límites municipales de San Sebastián de Yalí/Condega);

Los principales factores a considerar en la delimitación del área de influencia para efectos de diagnóstico del proyecto de esta carretera son:

2.10.1.1 Características y límites geográficos

Se establecen los puntos más accesibles de los usuarios de la red de carreteras en estudio, tomando en consideración solamente las posibilidades reales de movimiento de la población. Estos límites geográficos a considerar, son: otras carreteras, cadenas de montañas, grandes ríos, etc. En general, se considera la topografía del terreno para la definición de la zona de influencia.

2.10.1.2 Características productivas

Tanto en el área urbana como rural se dan especializaciones productivas que relacionan o condicionan el comportamiento del flujo vehicular. El análisis incluye tipo de sectores.

2.10.1.3 Población y asentamientos humanos

En el diagnóstico de la situación de la zona de influencia de la carretera se contempla como elementos importantes de análisis todo el cuadro demográfico de que se tenga conocimiento (cantidad, grupos etéreos, género y otros) y la situación de los asentamientos humanos, sus orígenes, causas y características. La correlación asentamiento-producción es explicativa de los fenómenos de expansión poblacional, migración campo-ciudad, reconversiones productivas y tipo de transporte utilizados. Estas características son explicativas de los flujos de origen destino.

2.10.1.4 Condiciones socioeconómicas

Los factores indicados anteriormente caracterizan la situación económica y social que posee la población del área de influencia estudiada; lo que afecta el movimiento de personas.

Dado los roles normales del Estado, la situación económica y social de la población afecta en forma importante la intensidad de intervención del Estado en las zonas de mayor pobreza.

2.10.1.5 Encuesta socioeconómica

Considerando que en la zona de influencia del proyecto existen alrededor de 400 productores, la muestra estimada fue del 10% de la cantidad total de productores existente en la zona de influencia del proyecto, es decir las entrevistas fueron de 40 productores. Estas entrevistas, es decir la muestra de la encuesta, fueron definidas con los dirigentes comunales en coordinación con un representante de las dos alcaldías. La zona de influencia elaborada previamente, fue discutida y confirmada en el campo con los dirigentes comunales y un representante de las alcaldías (Ver anexos encuesta).

En coordinación con los dirigentes comunales, se seleccionó aquellos productores ubicados preferiblemente en los alrededores de las comunidades localizadas a lo largo de la vía, escogiéndose productores pequeños, medianos y grandes. Se encuestaron 25 agricultores (25 Mz. de maíz, 36 Mz. de frijoles y 4 Mz. de papas y 100 Mz. de café; y 15 ganaderos pequeños, medianos y grandes.

Se adjunta formato de encuesta en donde se incluyen los datos de input (ingreso) y conforme ello se definieron los datos de output (salida) de la información, las relaciones con que se medirán los impactos de la inversión y los indicadores respectivos. (Ver en anexos formatos de encuesta).

2.10.1.5.1 Definición de los indicadores sociales: Con la encuesta se definen los siguientes indicadores sociales

- Infraestructura en salud y educación.
- Población atendida en educación y salud.
- Cantidad de maestros en los diferentes niveles.
- Personal de salud en la zona de influencia del proyecto.
- Niveles de empleo por género.
- Niveles de pobreza.
- Distancia recorrida para llegar a los centros de salud y centros educativos. Para definir este indicador, la muestra fue levantada en las escuelas y centros de salud.

2.11 LA DEFINICIÓN DE INDICADORES PRODUCTIVOS:

Con la encuesta se definen los siguientes indicadores productivos:

- Uso actual de los suelos
- Capacidad receptiva de pastos
- Área sembrada de granos básicos y hortalizas
- Rendimientos por Manzana
- Costos de producción

- Indicadores Técnicos de la ganadería
- Población ganadera
- Precios de los insumos
- Precios de venta y comercialización de la producción

2.11.1 Proyecciones sin proyecto y con proyecto

Una vez finalizado el diagnóstico de la situación actual de la zona de influencia del proyecto, se realizaron proyecciones agrícolas y ganaderas sin proyecto y con proyecto.

2.11.2 Indicadores de tráfico

Los indicadores de tráfico se estiman con las encuestas de conteos volumétricos, encuesta de origen y destino y las encuestas de tiempos de viaje.

2.11.3 Indicadores de actividades de transporte

Los ahorros en costos de operación de los vehículos y en el tiempo de viaje de los usuarios por intervención del proyecto se denominan también como el excedente social o excedente del consumidor.

Se establecen indicadores que presentan en forma objetiva los resultados de la intervención en la red, con información de fuente primaria como conteos y encuestas de origen y destino de viajes. A continuación, se describen estos indicadores:

a) **Conteo de tráfico:** Corresponden a censos volumétricos de todo un período confiable (1 semana y ajustados en forma estacional); con lo que se estima el tráfico normal a partir de series históricas de crecimiento para el caso sin proyecto, y para el caso con proyecto, se utilizan variables socioeconómicas para la realización de las proyecciones.

b) **Encuestas de origen y destino:** Corresponden a muestras de cantidades de viajes efectuados sobre la vía relativos a las características, usos y comportamiento de los vehículos.

c) **Conteos de tiempo de viaje:** En función al tiempo que demora el vehículo en su recorrido en tramos de la red.

Para esta evaluación se establecen indicadores respecto a: Tráfico generado, tráfico atraído, tipos de vehículos, tiempo de viajes, ingreso según ocupación, costos de operación, costos de mantenimiento. En la estimación de los indicadores, se irá presentando la forma y fuente de información para llegar a los resultados correspondientes a esta medición. Véase la explicación siguiente:

Tráfico generado

El tráfico generado es resultado de la intervención en la red; se presenta en diferente magnitud según las características y ubicación de la zona, la proporción es mayor cuando la zona presenta menor desarrollo.

Estos tráficos deben proyectarse con variables socioeconómicas que permitan estimar el efecto inductor por la realización de mejoras en la red.

Tiempo de viaje

Variable a medirse para establecer la magnitud de los alcances de la intervención en la red. Importante por su participación en la reducción del costo de operación de los vehículos y del tiempo ahorrado para los usuarios y para evitar mermas en la carga, sobre todo en productos perecederos.

Ingresos de los pasajeros según ocupación

Se efectúan encuestas a pasajeros requiriendo a los pasajeros su ocupación y nivel de ingreso, para estimar ahorros en tiempo de viajes.

Variación en los costos de operación

Este indicador muestra los cambios producidos en los consumos de los vehículos, medidos a través de la comparación de sus costos de operación, entre la situación "antes y después" de la intervención de la red.

Variación en el mantenimiento

En este documento, se presentan las estrategias de mantenimiento rutinario y periódico del camino en estudio con y sin proyecto y en las diferentes alternativas, para obtener los beneficios por concepto de mantenimiento.

Alternativas de análisis propuestas

De acuerdo a los volúmenes de tráfico previstos, se analizaron tres alternativas: adoquín, concreto asfáltico en caliente y concreto compactado con rodillo, a 15 y 20 años.

CAPITULO III. ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El tramo San Sebastián de Yali – Condega, se localiza en los departamentos de Jinotega y Estelí, iniciando en el casco urbano del municipio de Yali donde finaliza el adoquinado frente a la cooperativa Luis Amado Chavarría con las coordenadas Norte 1471071.746 y Este 587992.070 en el sistema UTM WG84 y termina en el km. 190 de la carretera panamericana NIC 1 frene al estadio de béisbol del municipio de Condega con las coordenadas Norte 1478300.034 y Este 565001.609 en el sistema UTM WG84.

3.1.1. Municipio de San Sebastián de Yalí

El municipio de San Sebastián de Yalí pertenece al departamento de Jinotega y se encuentra a 82 km. de la cabecera departamental, y a 244 kilómetros de Managua, este municipio presenta un territorio de muy alto relieve montañoso, y ocupa el sexto lugar en extensión territorial dentro del departamento. La extensión territorial del municipio es de 311 kilómetros cuadrados.

3.1.1.1 Ubicación del municipio

El municipio se localiza entre las coordenadas 13º 18' de latitud norte y 86º 11' de longitud oeste, teniendo este los límites:

Al norte: municipios de Telpaneca y San Juan del Río Coco (Departamento de Madriz) y el municipio de Quilalí (Departamento de Nueva Segovia).
Al sur: municipio La Concordia.
Al este: municipios de Santa María de Pantasma y San Rafael del Norte.
Al oeste: municipios de Estelí y Condega (Departamento de Estelí).

3.1.2. Municipio de Condega

3.1.2.1. Ubicación del municipio

El municipio de Condega del Departamento de Estelí tiene una superficie de 398 Km², la temperatura anual en Condega oscila entre 25 y 27 grados centígrados. Presenta su territorio también escarpado, pero con curvas de nivel más bajas que Yalí, Condega ocupa el segundo lugar en demografía de Estelí, teniendo este los limites siguientes:

El municipio se localiza entre las coordenadas Latitud Norte: 13° 16' y 13° 27' y Longitud Oeste: 86° 17' y 86° 2, teniendo este los límites:

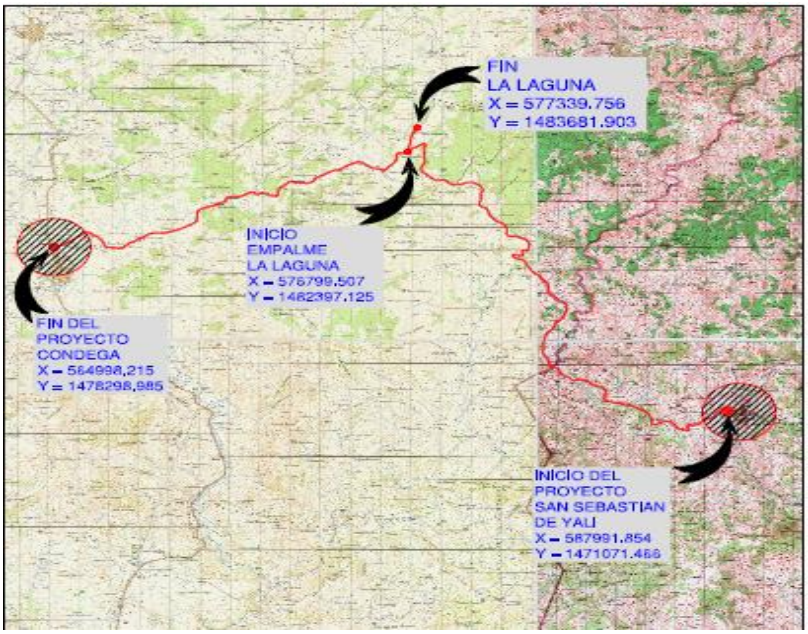
Al norte: Palacagüina y Telpaneca.
Al sur: Estelí
Al este: San Sebastián de Yalí
Al oeste: San Juan de Limay y Pueblo Nuevo.

Se presenta la macro y micro localización del proyecto.

Figura Nº 4. Mapa micro localización de ubicación de carretera en estudio

EDICO: Estudios Y Diseños Ingenieros Consultores

Figura Nº 5. Mapa macro localización de ubicación Condega



Fuente INETER

3.2 TAMAÑO DEL PROYECTO

El proyecto mejoramiento de la carretera *San Sebastián de Yalí- Condega y Empalme La Laguna- La Laguna,* localizado en los municipios de San Sebastián de Yalí, Jinotega y Condega, Estelí**;** consiste en el estudio y diseño de 40.392 Km., constituye un tramo de mucha importancia para expeditar la comunicación entre las comunidades de los dos municipios y por consiguiente, la comunicación intermunicipal e interdepartamental.

El proyecto, contribuirá a la promoción del desarrollo económico de las localidades de Condega y San Sebastián de Yali, municipios de los departamentos de Estelí y Jinotega respectivamente; así como de toda el área de influencia del trayecto en cuestión. La falta de accesos a la zona en estudio, es una restricción significativa al crecimiento económico en la zona de influencia del proyecto en estudio; en particular para la agricultura y la ganadería; los pequeños y medianos productores rurales.

3.3 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Los trabajos de topografía están enmarcados en las actividades de ingeniería básica, sin embargo, representan una actividad crítica para el buen desarrollo de los diseños: viales, hidrotécnicos, suelos, etc.

En el desarrollo del estudio se ha utilizado equipos electrónicos modernos total estation y niveles de precisión para el levantamiento de la topografía. Estos equipos garantizan precisiones arriba de 1:5000 para el control horizontal y 12mm $\sqrt{k}$ para el control vertical de conformidad a lo establecido en los términos de referencia.

En general los alcances de los trabajos de campo comprendieron lo siguiente:

- → Establecimiento de puntos georeferenciados en sistema NAD27 y WGS84 para el Control del Levantamiento.
- → Establecimiento de una poligonal base para el control horizontal y vertical del proyecto.
    a. Establecimiento de coordenadas X e Y de la poligonal base.
    b. Nivelación de precisión de la poligonal base (coordenada Z).
- → Establecimiento de referencia de los puntos de la poligonal base.
- → Levantamiento alti – planimétrico de la franja del derecho de vía de los caminos en estudio.
- → Levantamiento alti – planimétrico del drenaje mayor y menor.

Trabajos de topografía.

A/ Planificación de tareas de georeferenciación y de topografía

A1/ Asignación de Personal

Con el objeto de realizar los estudios topográficos con calidad y eficiencia el consultor asignó los siguientes recursos humanos:

(1) director de proyecto, (1) ingeniero vial, (1) ingeniero de campo, (1) dibujante calculista, (1) topógrafo, (1) nivelador, (2) porta prisma, (1) porta estadia, (1) auxiliar de topografía, (1) conductor.

Con este personal se formaron dos cuadrillas de trabajo

Tareas asignadas a la cuadrilla de topografía:

Cuadrilla 1: Establecimiento de la poligonal base, nivelación de precisión de la poligonal base y levantamiento alti – planimétrico del camino (obras existentes, perfiles longitudinales y secciones transversales),

Cuadrilla 2: Levantamiento del drenaje (perfiles longitudinales y secciones transversales del drenaje mayor y menor).

A2/ Asignación de equipos topográficos y medios de transporte

Cuadro Nº 21. Establecimiento de puntos georreferenciados

Número	Descripción del Equipo	Cantidad
1	GPS de doble frecuencia LEICA	3
2	Batería para GPS	6
3	Antenas	3
4	Machetes	2
5	Barras	2
6	Trípode de aluminio	3
7	Palines	2
8	Cinta métrica de 5 metros	2

Fuente: Estudio topográfico MTI

Cuadro Nº 22. Levantamientos topográficos

Número	Descripción del Equipo	Cantidad
1	Estación total LEICA TC 705	1
2	Estación total LEICA TC 805	1
3	Baterías para la estación total	4
4	Cargador de baterías	2
5	Primas	4
6	Bastones	4
7	Trípodes de madera	2
8	Cinta métrica de 7.5 metros	2
9	Cinta de tela de 50 metros	2
10	Plomadas	4
11	Machetes	4
12	Mazo de 2 libras	2
13	Martillo	2
14	Barras	2
15	Palín	2
16	Nivel de Precisión Electrónico Marca Leika Sprinter T-150m	1
17	Estadía de 5 mts	1
18	Cámara Digital con accesorios (cargador y cable PC – Cámara.)	1
19	Computadora Core two duo 2.5 Gz.	1

Fuente: Equipo topográfico MTI

Medios de Transporte

Para la movilización del personal técnico y de campo se asignó tres vehículos, de acuerdo al siguiente detalle:

Camioneta Hilux 4x4 una cabina.

Camioneta Hilux 4x4 doble cabina.

Materiales Utilizados

Cemento, Grava, Arena, Chapas de Aluminio, Pintura de Aceite, Diluyente, Clavos

B/ Levantamientos georreferenciados y topográficos

B1/ Establecimiento de puntos georreferenciados

El trabajo consistió en el establecimiento de 6 estaciones de control geodésico, vinculados a la Red Geodésica Nacional de Control Primario de Nicaragua, referida al Word Geodetic System 1984 (WGS-84). Estas estaciones de control fueron materializadas en el terreno mediante monumentos de concreto de 20 x 20 x 60 cm., ubicados en lugares cuidadosamente seleccionados y que fueran ínter visible. En el informe de georeferenciación de puntos de control geodésicos se presenta la memoria de georeferenciación de los puntos de control establecidos.

Estación de Referencia*:* Para la vinculación de las seis estaciones georeferenciadas utilizadas en el proyecto se seleccionó la estación geodésica 2955 – IV – 4, localizada en el Km 175.8 carretera Panamericana Norte, a la derecha de la vía. Pertenece a la Red Altimétrica Nacional, cuyas coordenadas fueron establecidas en el año 2000.

Sobre la parte superior de cada monumento se colocó un disco de bronce de 6 cm. de diámetro convexo y una marca puntual en el centro. En los discos se grabó el número del monumento de manera secuencial desde el inicio del proyecto, para su debida identificación. Todo lo anterior de acuerdo a las especificaciones de los términos de referencia.

Los monumentos de las seis estaciones de control geodésico establecidas, tienen su posición en coordenadas UTM-WGS-84 o UTM Zona 16 NAD 27.

El objetivo de este trabajo era garantizar el control horizontal y vertical del proyecto.
A continuación, se presentan los datos técnicos de los puntos establecidos con GPS de doble frecuencia en el sistema WGS 84 y NAD 27 se presentan los esquemas de localización y descripción de los puntos geodésicos establecidos y el de la red nacional utilizado.

Cuadro Nº 23. Cuadro georreferencia

Establecimiento de seis (6) Georreferencias en el tramo de Carretera San Sebastián de Yalí - Condega
Municipios homónimos, Dptos. de JINOTEGA y ESTELÍ / Lista de Coordenadas de Control Horizontal

ESTACIÓN		SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS84)						NAD27		
		GEOGRÁFICAS			CUADRÍCULA (UTM)			CUADRÍCULA (UTM)		Clase de Coord.
ID	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	Alt. Elip. (m)	NORTE	ESTE	Alt. Orto. (m)	NORTE	ESTE	
2955-IV-4 (E37)		13 18 11.229200 N	86 21 00.207200 W	604.880	1,470,748.805	570,395.485	598.270	1,470,546.503	570,388.726	CTRL
	GPS-1	13 18 21.271875 N	86 11 17.675273 W	851.715	1,471,108.782	587,921.604	844.903	1,470,906.475	587,914.790	ADJ
	GPS-2	13 18 13.830184 N	86 11 17.863084 W	879.456	1,470,880.141	587,916.699	872.644	1,470,677.834	587,909.885	ADJ
	GPS-3	13 23 08.056428 N	86 15 55.585448 W	853.943	1,479,893.262	579,533.839	847.228	1,479,690.929	579,527.053	ADJ
	GPS-4	13 23 13.152057 N	86 15 59.187000 W	856.331	1,480,049.487	579,425.049	849.618	1,479,847.153	579,418.263	ADJ
	GPS-5	13 22 20.554103 N	86 23 50.434753 W	575.851	1,478,395.366	565,255.221	569.343	1,478,193.041	565,248.479	ADJ
	GPS-6	13 22 17.849419 N	86 23 56.712272 W	569.653	1,478,311.817	565,066.604	563.148	1,478,109.492	565,059.863	ADJ

Fuente: MTI

Para el establecimiento de la poligonal base, inicialmente, se procedió a localizar los sitios más adecuados para la materialización de los mojones de la red, teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Garantizar que fueran ínter visible.
- Que su ubicación fuera lo más estratégica posible, previendo que no fueran destruidos por las personas lugareñas o durante la construcción.
- La densificación de los puntos de la poligonal base estuvo orientada a garantizar una mayor rapidez al momento de realizar el levantamiento alti-planimetrico de secciones transversales, todos los detalles existentes y los cruces de drenaje menor y mayor.
- Garantizar que al momento de replantear cualquier punto de la línea central del diseño geométrico de la carretera o cualquier estructura sea lo más preciso, evitando medir grandes distancias desde el punto de la poligonal base al punto a replantear.

La poligonal base fue establecida utilizando una estación total marca Leica, Modelo TC 805. En total fueron establecidos 220 mojones (numerados del 1 al 220 en el levantamiento de campo).

Es importante señalar que para la revisión del cierre de la poligonal base, fueron levantados los puntos 1, 2, 84, 85, 138 y 139 los cuales se corresponden con los puntos georeferenciados establecidos con GPS de doble frecuencia de conformidad al siguiente cuadro:

Cuadro Nº 24. Puntos establecidos en estación total

Punto Establecido con Estación Total		Punto Establecido con GPS de Doble Frecuencia
1	Corresponde A	GPS – 1 MTI
2	Corresponde A	GPS – 2 MTI
115	Corresponde A	GPS – 3 MTI
116	Corresponde A	GPS – 4 MTI
119	Corresponde A	GPS – 5 MTI
220	Corresponde A	GPS – 6 MTI

Fuente: Estudio topográfico MTI

Durante el establecimiento de la poligonal base se llevó un control de campo de las coordenadas registradas, con el objeto de garantizar la calidad del trabajo. El control corresponde a registrar los puntos de estación y orientación a partir de los cuales se establece cada coordenada de la poligonal base.

B2/ Nivelación de la poligonal base

Considerando que los equipos electrónicos acumulan un error en la medición de las elevaciones, el consultor procedió a nivelar cada punto de la poligonal base utilizando nivel de precisión. La metodología empleada para la nivelación fue el método

diferencial y doble recorrido (Ida y regreso) entre mojones, se utilizó un nivel electrónico marca Leica. Durante el levantamiento se garantizó un error de cierre ida y regreso menor o igual a 2 mm (Aplicado a mojones consecutivos.

El origen de las elevaciones se tomó en el banco de nivel 109 del tramo San Rafael del Norte – San Sebastián de Yali, el cual se vinculó del banco de nivel de la estación geodésica 2955 – 1 – 2 (OC35, Km), localizada en el kilómetro 190.65 de la ruta Jinotega – Condega, a la derecha de la vía, perteneciente a la red altimétrica nacional, establecida en el año 2000.

B3/ Levantamiento alti – planimétrico del camino y del drenaje.

Apoyándose en los puntos de la poligonal base se procedió al levantamiento alti – planimétrico de las secciones transversales cada 20 metros, en algunos sitios del proyecto las secciones transversales se levantaron cada 10 metros para obtener una mejor configuración del camino.

De igual manera para el levantamiento de la infraestructura existente (Casas, postes de teléfono y energía, árboles, escuelas, etc.) y drenaje mayor y menor se utilizó los puntos de la poligonal base como amarre de coordenadas.

C/ Procesamiento y dibujo de la topografía.

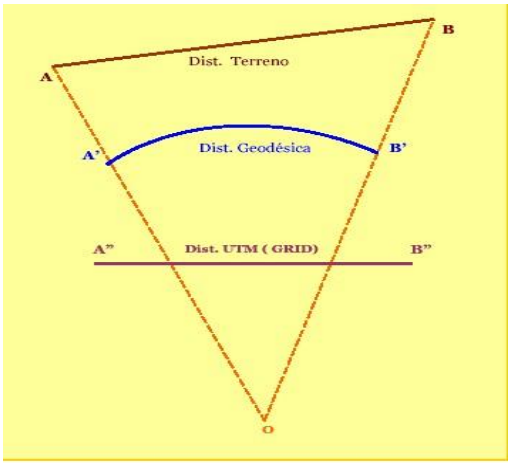
C1/ Complementación, revisión, verificación y establecimiento de la consistencia de los datos.

Se utilizó el formato “Número este norte elevación descripción” descargado de la estación total para la verificación de la configuración y alineamiento del terreno.

C11/ Verificación del control horizontal.

Para verificar la precisión del control horizontal se aplicó la siguiente metodología:

Reducción de coordenadas locales a coordenadas UTM WGS84. Es importante mencionar que las coordenadas establecidas con GPS de doble frecuencia corresponden a un sistema escalado (UTM WGS84), por lo tanto, las mediciones realizadas con estación total difieren en longitud a las realizadas con GPS de doble frecuencia.



Esto es debido a que los sistemas escalados, como su nombre lo indica, han proyectado la superficie de la tierra a cierta escala para poder elaborar los planos (Por ejemplo planos geodésicos) utilizados en ingeniería civil u otras disciplinas.

La siguiente figura ilustra la diferencia entre las distancia consideradas en la medición de la tierra.

La distancia AB corresponde a la distancia del terreno medida en campo, la distancia A´B´corresponde a la distancia geodésica, la cual depende del modelo adoptado para representar la superficie de la tierra y la distancia A”B” corresponde a la distancia en cuadrícula (GRID).

Con el objeto de comparar las mediciones realizadas en campo con las mediciones realizadas con GPS de doble frecuencia se deben reducir ya sea las coordenadas establecidas con GPS de doble frecuencia al sistema local o el sistema local de mediciones a coordenadas de cuadrícula (UTM WGS84). El consultor decidió reducir

el sistema local a coordenadas UTM WGS84, dado que este es el sistema establecido en los términos de referencia del proyecto.

La reducción se lleva a cabo en dos pasos:

1. **Rotación de los ejes de coordenadas locales**: Considerando que los puntos establecidos con GPS de doble frecuencia presentan como es de esperarse un error de cierre, es lógico que entre más larga es la distancia de los puntos que conforman la línea base menor será el error del Azimut de salida del levantamiento. Es por eso que para uniformar el sistema local al sistema de cuadrícula se requiere rotar los ejes locales en la dirección de los ejes del sistema UTM WGS84, utilizando para ello la línea base de mayor longitud posible.

Como ha sido mencionado se estableció 6 puntos georreferenciados correspondientes a 3 líneas bases (2 puntos por línea) ubicadas una al inicio (Línea N° 1), otro en medio (Línea N° 2) y la última al final (Línea N° 3) del proyecto.

La línea base N° 1 se utilizó para iniciar los trabajos de levantamiento topográfico. La coordenada de salida del proyecto fue el punto GPS – 1, el Azimut de salida fue el formato por la línea base 1 (Puntos GPS – 2 y GPS – 1). Las líneas base 2 y 3 fueron utilizadas para verificar la precisión del levantamiento tanto a mediano como al final del levantamiento.

La rotación de los ejes se realizó de la siguiente forma:

- Se trazó en gabinete, la línea base 4 formada por los puntos GPS – 1 y GPS – 3 (Primer tramo) y GPS – 3 y GPS – 5 (Segundo tramo). Note que la longitud de línea base 4 es mayor a la longitud de la línea base 1 y por consiguiente el error de cierre de los puntos GPS se encuentra distribuido en una mayor longitud.

- Se trazó, el gabinete, la línea de levantamiento de campo compuesta por los puntos GPS – 1 y 115 (Punto correspondiente al GPS – 3, primer tramo) y GPS – 3 y 119 (Punto correspondiente al GPS – 5, segundo tramo)
- Se calculó la diferencia angular entre estas dos líneas.
- Se trasladó el origen del sistema local al punto GPS – 1 o GPS – 3.
- Se rotó los ejes locales de tal forma que, se redujera la diferencia angular a cero.

Fórmulas utilizadas:

X = U COS T - V SEN T

Y = U SEN T + V COS T

Donde X, Y corresponden al sistema UTM; u.v. corresponden al sistema local y T es la diferencia angular formada por los ejes de los sistemas mencionados (ver en anexos de topografía planos de levantamiento).

3.4 ESTUDIO DE SUELOS Y SUS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

La importancia del estudio de suelos depende del tipo de proyecto que vaya a realizar y de la magnitud de este; con los resultados que se obtengan del estudio de suelos se podrán tomar decisiones. Dependiendo del tipo de suelo es la capacidad de soporte del suelo (resistencia del suelo) y eso se puede determinar únicamente con el estudio de suelos.

Con este estudio de suelos, se puede determinar cuánto se gastara o cuanto se ahorrara en una cimentación o en proyecto de carreteras; ya que muchos proyectos en los que no se hace estudio de suelos, resulta que cuando están ya construidos se dan cuenta que se producen asentamientos y estos incrementan los costos de todo proyecto.

Las muestras de materiales obtenidas, fueron debidamente identificadas, almacenadas y transportadas al laboratorio en Managua, donde se le practicaron los ensayes correspondientes que definen sus características y propiedades físico mecánicas básicas.

3.4.1 Resultados de estudios de suelos y sus características geotécnicas

3.4.1.2 De los sondeos de línea

Se ubicaron de forma alterna en el centro, derecha e izquierda de la línea central y dentro de la plataforma del camino o carretera. El espaciamiento entre sondeos fue de 100 m y la profundidad máxima de exploración fue de 1.5 metros, habiéndose realizado trescientos noventa y seis (396) sondeos con la recuperación de un mil ciento seis (1106) muestras representativas de las diferentes capas de materiales encontrados.

También se realizaron sondeos manuales en un tramo de camino que conduce a la comunidad de La Laguna, el cual será considerado como parte integral del proyecto.

En este camino se realizaron catorce (14) sondeos de los cuales se recuperaron treinta (30) muestras de materiales. Por lo tanto, la cantidad total corresponde a cuatrocientos diez (410) sondeos y un mil ciento treinta y seis (1,136) muestras obtenidas.

3.4.1.3 De los bancos de préstamo

Se tomaron muestras de ocho (8) bancos de préstamo, los cuales se ubican según el cuadro siguiente:

Cuadro Nº 25. Ubicación de estaciones de préstamos

N°/ Nombre/Dueño	Estación Km + m (Izq. o Der.) m	Coordenadas Geográficas	Estimado de Reservas (m^3)	Uso Potencial / Explotación
N°1 Jaime Chavarría	0+840, 20 m., Der.	587377 1470945	22,400	Relleno,/ Retroexcavadora
N°2 Juan Alberto Rodríguez	12+700, 10 m., Izq.	581716 1476501	72,000	Sub Base/ Retroexcavadora
N°3 DAVID DÁVILA	15+500, 15 m., Izq.	580730 1478140	56,000	Base , Sub base/ Retroexcavadora
N°4 ADOLFO BENAVIDEZ	19+050, 30 m., Izq.	579288 1480280	39,000	Base, Sub base/ Retroexcavadora
N°5 Cruz Rugama	23+500, 10 m., Der.	577403 1482659	24,500	Relleno,/ Retroexcavadora
N°6 Concepción García	29+960, 40 m., Izq.	572782 1481071	18,000	Relleno,/ Retroexcavadora
N°7 Bayardo Hurtado	32+060, 20 m. Izq.	570437 1480176	48,000	Relleno,/ Retroexcavadora
N°8 Domingo Palacios	39+040, 40 m., Izq.	565710 1478681	27,000	Relleno, Sub base,/ Retroexcavadora

Fuente: Estudio de suelos MTI

La mayoría de los bancos son de uso conocido en la zona y ya han estado en explotación, por lo que presentan cortes. En cada banco se realizaron calicatas de 3

metros de profundidad distribuidas en el área del banco, más toma de muestras del corte y/o acopios existentes.

3.4.2 De los trabajos del laboratorio de suelos y materiales, sondeos manuales

3.4.2.1 Ensayos de suelos de línea

De acuerdo a los ensayes de laboratorio presentados se puede determinar en general, que se encontraron desde una hasta seis capas de materiales en el rango de profundidad explorada desde la superficie hasta 1.5 m máximo. Siendo de dos y tres capas la estructura predominante con el 42% y 37% de los sitios explorados, respectivamente. Hay un 16% de sitios con cuatro capas, 4% con más de cuatro capas y solamente el 1% restante corresponde a sitios de una sola capa de materiales.

De acuerdo a estos resultados, específicamente la granulometría, plasticidad y clasificación AASHTO, existe un predominio absoluto de materiales granulares o gravo arenosos con el 80% de las muestras ensayadas y solamente el 20% restante corresponden a materiales finos limosos o arcillosos.

Es claro observar y deducir que los materiales granulares corresponden a la capa superficial de revestimiento existente en toda la longitud del camino, así como a capas intermedias y/o de rellenos que en muchos casos abarcan toda la profundidad de exploración indicada. Los finos limosos y arcillosos restantes son materiales que se encuentran casi siempre a niveles inferiores, soportan a los granulares y se distribuyen de manera discontinua en todo el camino.

Estos materiales granulares se clasifican principalmente como A-2-6, A-2-4 y A-2-7, todos de índice de grupo “cero”, representan el 75% de los resultados obtenidos y son de buena a regular calidad. El otro 25% son A-1-a y A-1-b, también con índice de grupo “cero” y corresponden a los excelentes o mejores materiales utilizados en la construcción de caminos y carreteras según la AASHTO.

En cuanto a los materiales limo arcillosos se clasifican principalmente como A-7-6 y A-7-5 con el 67% de los resultados. El resto son A-6, A-4 y A-5 con el 19%, 10% y 4% respectivamente. Para estos últimos suelos el índice de grupo es casi siempre menor de 10. Los A-7-6 y A-7-5 llega alcanzar en algunos casos hasta un máximo de 72, sin embargo, la gran mayoría (77%) de estos suelos tienen índice de grupo menor o igual a 20.

Respecto al espesor de la primera capa o superficial de revestimiento que como se indicó existe a lo largo de todo el camino, según los resultados de campo varía desde los 5 cm hasta los 150 cm de profundidad máxima investigada, para unos pocos casos. El espesor promedio general es de 22 cm, sin embargo la gran mayoría correspondiente al 77% de las mediciones tienen espesor variable entre 10 cm y 30 cm. Solamente el 7% de estas, es menor de 10 cm y el 17% son mayor de los 30 cm indicados.

Es muy importante destacar que debajo de la primera capa de materiales con espesores indicados anteriormente, se encuentran una o dos capas de materiales con características y propiedades bastante similares a los de la primera o superficial, es decir los del tipo granular arriba descritos. Además que apenas en solo tres sitios de los sondeos del camino, el material superficial de esta primera capa no es granular si no que limo arcilloso, esto es en las estaciones 13+700, 29+100 y 38+100.

3.4.3 Bancos de préstamo

En el cuadro 27 presentada anteriormente, aparece el resumen de fuentes o bancos de materiales existentes, localizados y muestreados en este estudio, todos prácticamente a la orilla o muy cercano al eje del camino. Situación que es favorable para la construcción del proyecto, dado que se reducen los costos de viaje o transporte de dichos materiales.

En total fueron ocho (8) los sitios de bancos aquí investigados, pero se detectó la existencia de otro número igual de sitios con aparente presencia de materiales adecuados para el proyecto, siempre ubicados muy cerca o a orillas del camino. De tal manera, que la selección de los ocho sitios investigados se hizo en base a los que se observaron con mejor calidad y mayor potencial de explotación.

Para cada sitio, la señalada tabla presenta: nombre del banco o de su propietario, ubicación respecto al estacionamiento de la línea del camino con su respectiva distancia de desviación derecha o izquierda de dicha línea. Además las coordenadas de ubicación geográfica en WS-84 tomadas en el eje del camino al frente del banco.

Se incluye la estimación de los volúmenes de reservas o de explotación probable, obtenidos mediante consideraciones geomorfológicas y de mediciones de las dimensiones del banco y/o estimaciones visuales, en combinación a consideraciones y criterios basados en la experiencia del ingeniero de campo.

Finalmente se incluye en la misma tabla, la descripción de los materiales encontrados, uso y forma de explotación del banco considerando tanto las características geológico-geotécnicas que presentan, así como de los resultados de laboratorio llevados a cabo sobre las muestras de materiales representativas seleccionados para tal fin.

Los resultados de laboratorio comprenden la distribución de tamaños o granulometría del material, su plasticidad, clasificación AASHTO, próctor, y valor relativo soporte CBR. Además los resultados desgaste de los ángeles e intemperismo acelerado.

A continuación, se muestran imágenes de los principales bancos de materiales situados en la vía, y que han sido utilizados en el mantenimiento de la misma:

Foto N° 1. Banco de materiales Nº 1

Jaime Chavarría Est. 0 + 840

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 2. Banco de materiales Nº 2

Juan Alberto Rodríguez Est. 12+700

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 3. Banco de materiales Nº 3

David Dávila Est. 15+500

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 4. Banco de materiales Nº 4

Adolfo Benavidez Est. 19+050

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 5. Banco de materiales Nº 5

Cruz Rugama Est. 23+500

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 6. Banco de materiales No.6

Concepción García Est. 29+960

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 7. Banco de materiales Nº 7

Bayardo Hurtado Est. 32+060

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 8. Banco de materiales Nº 8

Domingo Palacios Est. 39 +040

Fuente: Estudio MTI

En general todos los bancos de materiales investigados poseen de regular a buena calidad para su uso en el proyecto. Corresponden a rocas con mediano grado de intemperización y presencia apreciable de gruesos tipo bolones, gravas y arenas. También hay sectores del banco que el grado de alteración es alto y por lo tanto, se encuentran materiales limosos o arcillosos que pueden contaminar el material granular.

La densidad seca máxima que se alcanza con estos materiales es por el orden de los 1,740 Kg/m³ a 2,180 Kg/m³ con humedad optima entre 10% y 23%. La resistencia o valor relativo soporte (CBR) de estos materiales varía entre 24% y 75% al 95% de compactación, de acuerdo con la metodología proctor modificado. Los resultados de los ensayes adicionales realizados en el material rocoso existente en los bancos de materiales localizados e investigados, se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro Nº 26. Resultados de ensayes adicional en Bancos de materiales

BANCO	RESULTADOS DE ENSAYES *				
	DLA	G_m	G_{sss}	G_s	Ab (%)
N°1 0+840, 20 m., Der.	31.0	2.585	2.660	2.794	2.90
N°2 12+700, 10 m., Izq.	29.0	2.073	2.266	2.570	9.33
	30.2	2.105	2.293	2.592	8.92
N°3 15+500, 15 m., Izq.	18.4	2.613	2.679	2.799	2.55
	17.8	2.608	2.672	2.787	2.47
N°4 19+050, 30 m., Izq.	42.0	2.473	2.583	2.779	4.45
	38.9	2.442	2.555	2.754	4.63
N°5 23+500, 10 m., Der.	27.9	2.630	2.707	2.851	2.96
N°6 29+960, 40 m., Izq.	38.7	2.115	2.299	2.603	8.7
N°7 32+060, 20 m. Izq.	41.3	2.302	2.437	2.661	5.86
N°8 39+040, 40 m., Izq.	38.1	2.274	2.444	2.738	7.45
	39.2	2.282	2.449	2.741	7.34

* SIMBOLOGIA

DLA : Desgaste Los Ángeles

G_m : Gravedad Especifica de Masa

G_{sss} : Gravedad Especifica Saturada y Superficialmente Seca.

G_s : Gravedad Especifica Aparente

Ab (%): Porcentaje de Absorción

3.4.4 Conclusiones de la utilización de los materiales

De acuerdo a los resultados de ensayos de laboratorio, es necesario utilizar los materiales de los bancos de préstamo de la manera siguiente:

En estado natural y por sí solo, ninguno de los bancos de materiales investigados ni tampoco combinados entre ellos, cumplen con las características y propiedades para ser usados como base o sub-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.

Lo anterior no significa inexistencia de materiales para la rehabilitación del camino. Es todo lo contario pues dichos materiales son abundantes, poseen muy buena calidad como material de construcción de caminos y existen en potencial o cantidad suficiente para satisfacer las demandas del proyecto.

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, así como la reducción de tamaños por trituración dado el alto porcentaje de bolones o cantos gruesos (sobre tamaños) que se encuentra en la mayoría de estos bancos o que resultan de la extracción del material con máquinas y sin el uso de explosivos. Se estima que de esta manera se

incrementan los volúmenes de material disponible para la rehabilitación y mantenimiento del camino, así como la calidad y vida útil de estos trabajos.

3.4.5 Resultados de los ensayes

3.4.5.1 Características de los suelos de la línea

Todo el camino se encuentra revestido con materiales granulares de buena calidad y presenta buen comportamiento tanto estructural como funcionalmente. Debe señalarse que para la fecha de realización del presente estudio, estaba finalizándose un mantenimiento del camino en tres cuartas partes de su longitud (39 km.) por parte del Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV).

Se efectuaron un total de 410 sondeos manuales a lo largo del camino espaciados cada 100 m de longitud, ubicados de forma alterna centro, izquierda, derecha de la línea central y hasta 1.5 m de profundidad máxima, incluidos 14 sondeos realizados en el camino de acceso a La Laguna como parte integrante del proyecto. Obteniéndose 1,136 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 o estructura de materiales de pavimento existente a lo largo del camino.

El perfil estratigráfico obtenido demuestra la existencia de una estructura del camino conformada de una hasta seis capas de materiales con espesores muy variables en toda la longitud del mismo. Estos materiales son del tipo granular de los grupos A-1 y A-2 de la AASHTO en hasta el 80% de las muestra analizadas y las restantes 20% son materiales limo arcillosos de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Los materiales granulares corresponden a las capas superiores, incluida la primera de rodadura o revestimiento existente. El 75% de estos pertenecen al grupo A-2 con mayor proporción de A-2-6 (0), A-2-4 (0) y A-2-7 (0). El otro 25% son del grupo A-1 y en mayor proporción se encuentran los A-1-a (0) que los A-1-b (0).

La resistencia o valor relativo soporte (CBR) para los materiales del grupo A-2 es de 24% y para los del grupo A-1 es 51%. Ambos medidos al 95% de la densidad seca máxima proctor estándar.

Los limos arcillosos se ubican en las capas inferiores y constituyen el terreno natural y/o sub rasante del camino. Predominan los del tipo A-7-6, A-7-5 y A-6 con el 86% de los resultados y el 14% restantes son A-4 y A-5.

Para los suelos A-7-6, A-7-5 y A-6, el Valor Relativo Soporte (CBR) promedio es de 5%, el cual se incrementa hasta el 13% para los suelos A-4 y A-5. Siempre obtenidos al 95% de compactación proctor estándar. (Ver anexos ensayos en línea).

Se presentan algunas fotos que se realizaron a lo largo de la línea de la carretera.

Foto N° 9. Sondeo en EST. 29+100

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 10. Sondeo en EST. 30+100

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 11. Sondeo en EST. 33+500

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 12. Sondeo en EST. 38+100

Fuente: Estudio MTI

Foto N° 13. Sondeo en EST. 39+000

Fuente: Estudio MTI

3.4.5.2 En bancos de materiales

En general todas las fuentes de materiales están formadas por gravas bien graduadas con arenas y limos en menor proporción. Las gravas por lo general son de alta

resistencia y dureza, los finos son de poca a mediana plasticidad alcanzando en el peor de los casos valores de índice plástico por el orden del 18%. Sin embargo, debido a la naturaleza gruesa del material y presencia de poco finos en los mismos, a la hora de su proceso y utilización muy probablemente dicha plasticidad se reduce hasta un 10 a 12% aproximadamente.

La clasificación AASHTO de los materiales de bancos es A-2-6 (0), A-2-7 (0) y A-1-a (0) predominantemente. También clasifican como A-1-b (0) y A-2-4 (0). Su límite líquido por lo general, es menor de 40% y su índice de plasticidad menor de 15%. El valor soporte o CBR de estos materiales varía entre 20% y 60% con promedio de 40%. De acuerdo con los estudios de suelos y materiales realizados a lo largo de la carretera en proyecto, se obtuvo para la capa de sub-rasante compactada al 95% de su densidad seca máxima, un valor relativo soporte (CBR) promedio de diseño de 16.7% que correlacionado con el módulo resilente y al daño relativo alcanza el valor de 14212 PSI. (Ver anexos).

3.4.5.3 Módulo de Resiliencia (MR)

Para estimar el módulo de resiliencia a partir del CBR se promedió el valor recomendado por el programa WinPas y el obtenido por las siguientes ecuaciones, con el objeto de adoptar un criterio intermedio entre estas dos recomendaciones:

$M_R = 1.500 * CBR$, CBR igual o menor a 7.5%

$M_R = 3.000 * (CBR)^{0.65}$, CBR mayor a 7.5%, pero menor o igual a 20%

$M_R = 4.326 * \ln(CBR) + 241$, CBR mayor a 20%

Los bancos de materiales pueden ser utilizados como material de préstamo selecto y para la construcción de la capa de base estabilizada con cemento; ya sea mezclado con el material existente o por sí solo.

3.5. ESTUDIOS HIDROTÉCNICOS

3.5.1 Infraestructura vial existente

Actualmente la ruta Yalí - Condega, está constituida por una franja de terreno de aproximadamente 5 metros de ancho, más derecho de vía. Está emplazada en un terreno con características onduladas mayoritariamente, pero que en ocasiones presenta sectores montañosos con pendientes que superan el 15%. El camino es transitable en todas las épocas del año y pertenece a la red de caminos rurales de Nicaragua, según la clasificación funcional de carreteras del MTI, es una colectora principal.

El trazado en planta del camino se caracteriza por presentar abundantes curvas

El trazado en planta del camino se caracteriza por presentar abundantes curvas horizontales entrelazadas con rectas de cortas longitudes, los tramos más críticos se localizan en los terrenos a media ladera, donde las limitaciones impuestas por la topografía de la zona, no permiten incrementar lo suficiente los radios de curvatura.

El alineamiento vertical del camino se caracteriza por presentar pendientes comprendidas entre 2% y 8%, con algunos sectores críticos donde las pendientes superan el 12%. Las curvas verticales más frecuentes son las curvas en columpio generalmente no simétricas, las curvas en cresta son relativamente pocas, pero con grandes pendientes y cortas distancias de visibilidad.

La superficie de rodamiento está constituida por una capa de balasto de espesores variables que necesita constantemente mantenimiento, para mantenerse en estado de servicio aceptable como la superficie no está estabilizada, en épocas de invierno, el tráfico y la lluvia la deterioran con facilidad, por lo que en la actualidad parte del camino presenta un estado de conservación bastante deficiente con severas pérdidas de material fino, presencia frecuente de baches y zanjas en la zona de rodadura, pérdidas

severas de material selecto con exposiciones de la sub rasante al tráfico y sectores contaminados con materiales inestables, si el mantenimiento no es constante el estado de esta otra parte del camino seria el mismo que el de la anterior.

El sistema de drenaje del camino lo conforman: alcantarillas de cuenca con caudales menores, alcantarillas de alivio, cunetas en estado natural, cunetas revestidas, vados de mampostería, puentes elevados en los cruces de grandes caudales y la pendiente transversal del camino.

El sistema de drenaje de un camino, debe armonizar con las ventajas y restricciones impuestas por la topografía del terreno. En este caso, la vía está emplazada en un terreno ondulado y semimontañoso por lo que se encuentran sectores del camino que discurren a través de los portillos de los cerros donde son frecuentes las alcantarillas de cuencas pequeñas con corrientes que escurren desde los puntos más elevados, y sectores en terrenos a media ladera donde predominan las alcantarillas de alivio con escurrimientos paralelos al eje de la vía.

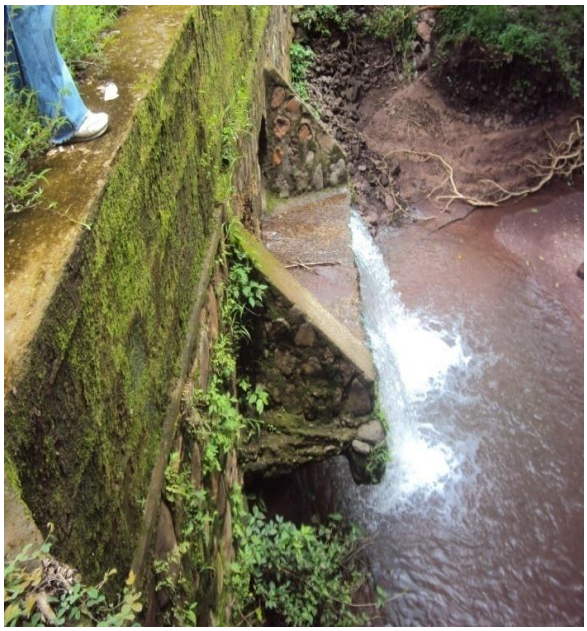
En la actualidad, el estado de conservación de las obras de drenaje menor existentes es de malo a regular, siendo la mayoría de éstas alcantarillas circulares de concreto reforzado, con diámetros de 24, 30, 36, 42 y 60 pulgadas. La mayoría de estas obras no poseen suficiente capacidad hidráulica para evacuar eficazmente los caudales de diseño estimados en este estudio, por lo que será necesario reemplazarlas por estructuras de mayor capacidad.

Las obras de drenaje menor, están constituidas por obras de drenaje transversal (alcantarillas de cuenca, alcantarillas de alivio) y obras de drenaje superficial y longitudinal (bombeo, cunetas, contra cunetas). En la carretera existen actualmente alcantarillas que debido a la falta de mantenimiento no están trabajando al 100% de su capacidad; la capacidad hidráulica de cada una, así como su estado de servicio. Se estudió, además, la necesidad de instalar nuevas obras de drenaje, como: cunetas, vados y alcantarillas en los puntos que los consultores estimen conveniente.

La carretera rural, la falta de mantenimiento, diámetros insuficientes, rellenos menores que el mínimo, carencia de obras complementarias, entre otros, son algunas de las principales causas del colapso de las obras de drenaje. En las fotos de abajo, tomadas aproximadamente en la estación 6+200, se observa una alcantarilla desgastado por el paso del tiempo (concreto degradado) en la entrada y en la salida el bajante ya cedió y puede colapsar en cualquier momento.

Foto N° 14. Alcantarilla en estación 6+200

Foto N° 15. Daño en estructura en 6+200



Existen alcantarillas que han colapsado (o se encuentran en riesgo) por falta de cunetas y obras de protección; como la mostrada en la fotografía de la derecha. Como se observa, la falta de obras de protección en la salida ha ocasionado una cárcava que pone en riesgo el talud de la vía.

La fotografía siguiente fue tomada a una alcantarilla de alivio emplazada aproximadamente en la estación 15+200

Foto N° 16. Alcantarilla en la estación 15+200

Fuente: Estudio MTI

Una buena parte de la carretera discurre por terrenos a media ladera, con pendientes fuertes y taludes pronunciados; aquí es necesario dotar a las alcantarillas de obras complementarias adecuadas, es decir, construir tragantes en la entrada y bajantes en la salida para garantizar la seguridad de las mismas.

Foto N° 17 Área de la estación 14+900

Fuente: Estudio MTI

La carretera posee muchos tramos con pendientes pronunciadas donde se han revestido las cunetas. En la foto de la derecha, tomada cerca de la estación 14+900, se muestra uno de estos tramos; como se observa, las cunetas se han revestido en la banda izquierda.

Foto N° 18. Erosión en la carretera

Existen tramos con pendientes pronunciadas que carecen de cunetas revestidas donde se ha perdido la pendiente transversal, tal como se ve en la foto de la izquierda. En la foto, las flechas blancas indican la dirección de las corrientes de agua superficial mal encauzadas que erosionan la capa de rodamiento.

Foto N° 19. Daño en carretera

Fuente: Estudio MTI

La falta de pendiente transversal, está también presente en las zonas urbanas no pavimentadas que forman parte de la ruta. En la fotografía de la derecha, se observa que las cunetas no recogen la escorrentía superficial de la calzada, más bien, ésta drena por el centro de la vía.

Se puede observar que la mayoría de las estructuras de drenaje menor existentes, no cuentan con obras complementarias adecuadas tales como: muros de cabecera, alas, delantal hidráulico, bajantes etc., por lo que las nuevas alcantarillas deberán dotarse de estas obras para mejorar sus niveles de servicio.

Foto N° 20. Alcantarillas en mal estado

Fuente: Estudio MTI

Las obras de drenaje mayor existentes corresponden a puentes elevados de una vía de circulación con súper estructura de concreto y acero en colaboración (Losa de concreto reforzado y vigas metálicas), con sub estructura de mampostería de piedra bolón, a excepción del Cruce Paso Real, donde existe un Puente Vado con 24 baterías de 60 pulgadas de concreto reforzado.

El estado de conservación de los puentes es aceptable desde un punto de vista estructural, sin embargo, desde un punto de vista hidráulico no poseen suficiente capacidad para evacuar con la seguridad requerida los caudales de diseño.

El tramo Empalme La Laguna – La Laguna, está constituido por una franja de terreno de aproximadamente 4.5 metros de ancho, más derecho de vía, está emplazado en un terreno con características onduladas y se clasifica como camino vecinal. El trazado en planta del camino se caracteriza por presentar tramos rectos entrelazados con curvas horizontales de radios amplios, mientras que el alineamiento vertical se caracteriza por presentar pendientes comprendidas entre 5% y 16%.

La superficie de rodamiento del tramo está conformada por una capa de balasto que actualmente se encuentra en malas condiciones de servicio, debido principalmente a la falta de mantenimiento.

En la actualidad, el camino no cuenta con un sistema de drenaje menor adecuado, durante las inspecciones de campo se constató que no existen obras de drenaje transversales, a excepción de dos vados de mampostería que se encuentran en malas condiciones de funcionamiento. El drenaje longitudinal lo constituye únicamente una cuneta triangular ubicada de la estación 24+890 hasta la estación 25+040 en ambas bandas. En cuanto al drenaje mayor, en este tramo existe únicamente un cruce de drenaje mayor, donde en la actualidad no existe obra de drenaje construida.

Descripción general, inventario y características del drenaje existente

El camino Yalí - Condega es atravesado por 160 corrientes superficiales, de las cuales: 16 corresponden a obras de drenaje mayor y 144 a obras de drenaje menor. De los cruces de drenaje mayor, 4 corresponden a puentes elevados y 4 cajas puente de concreto reforzado. Las alcantarillas existentes cuyos diámetros oscilan entre 24 y 60 pulgadas, son mayoritariamente de concreto reforzado.

El camino Empalme La Laguna – La Laguna es atravesado por 7 corrientes superficiales de las cuales: 1 es cruce de drenaje mayor y 6 son corrientes de drenaje menor. Estos cruces actualmente no cuentan con estructuras adecuadas que permitan el paso seguro de la escorrentía a través de la vía.

Actualmente los sistemas de drenaje de ambos caminos poseen muchas deficiencias, lo que representa una amenaza constante a la seguridad de los mismos. Durante las inspecciones de campo, que constituyen una de las partes más esenciales de este estudio, pudo constatarse que, entre los problemas más sentidos, referente al drenaje se tiene:

- Alcantarillas con diámetros insuficientes.
- Carencia de cunetas revestidas en tramos con pendientes fuertes.
- Carencia de drenaje transversal (bombeo) en muchos tramos de la vía.
- Falta de alcantarillas en sitios donde el camino lo requiere.

- Alcantarillas azolvadas y en ocasiones enterradas por falta de mantenimiento.
- Carencia de obras complementarias en alcantarillas existentes (Muros de cabecera, alas etc.)

Para darle solución a estos problemas se desarrolló una estrategia de trabajo basada en cinco fases más o menos definidas que son: Investigación de campo, análisis, recomendaciones, consulta y revisión. El objetivo fundamental de ésta estrategia es seleccionar las estructuras más económicas que permitan el paso de las aguas aceptando cierto riesgo respecto a los daños que pudieran ocasionarse a la vía, al tránsito y a las propiedades adyacentes.

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 evaluación económica ya que durante su vida útil unos amplios espectros de flujos de crecidas con probabilidades relacionadas ocurrirán 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 complementaria 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 30 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 el siguiente cuadro se comparan los costos y la eficiencia de cada uno de estos tipos:

Cuadro N° 27 Comparación de costos en material de tubería

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

La tabla anterior 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, se concluye 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.

3.5.2 Metodología de cálculo y criterios

A continuación, se presentan las dos etapas en que se han desarrollado los estudios hidrotécnicos: Estudios hidrológicos y estudios hidráulicos:

3.5.2.1 Estudios hidrológicos

Para la determinación del caudal de diseño de las obras de drenaje superficial de cuencas menores de 500 Ha, se utilizó el Método Racional.

Este método asume que el caudal máximo ocurre cuando una precipitación de intensidad constante, se presenta en toda el área de aportación y la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración.

La aplicación de este método racional se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$Q = C*I*A$$

Donde:

Q = Caudal de diseño

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia crítica referida a una precipitación de duración equivalente al tiempo de concentración (Tc)

A = Superficie de la cuenca.

En el caso que **I** se exprese en mm/h y **A** en hectáreas, la mencionada fórmula debe ser dividida por la constante 360, de modo que el caudal **Q** resulte en m^3/seg.

Para la aplicación de este método se procedió con la delimitación de la cuenca que contribuye en cada cruce para la estimación del área que será drenada, esta cuenca se delinea en los mapas topográficos escala 1:50,000 en formato digital y auxiliándose del programa Autocad.

El procedimiento para la delimitación de la hoya o cuenca se realizó por la línea divisoria topográfica o superficial del terreno, siguiendo un conjunto de normas generales que se mencionan a continuación:

a) La línea divisoria o trazo del parte agua corte ortogonalmente a las curvas de nivel.
b) Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
c) Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava.
d) Si cortamos el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección en ésta, ha de ser el punto de mayor altitud del terreno.
e) Como comprobación, la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arroyo o vaguada, excepto en el punto del que se quiere obtener su divisoria.

Una vez delineada la cuenca sobre el Autocad, se localiza el cauce principal y se mide su longitud, se obtiene las elevaciones del punto más alejado (Hmáx) y el punto de salida de la cuenca (Hmín). Las unidades de medición de las áreas de drenaje son en Hectáreas y la longitud del cauce se expresa en metros.

Los mapas geodésicos utilizados para el tramo en estudio fueron los siguientes:

Mapas	No.
Condega	2956 III
San Rafael del Norte	2955 I
San Nicolás	2954 IV
San Juan de Limay	2855 I
Estelí	2955 III
La Sirena	2955 IV
Quibuto	2956 II

3.5.2.2 Intensidad de la lluvia (I)

Una vez que se obtuvo el tiempo de concentración de la cuenca, y tomando el criterio de que éste es igual al tiempo de duración de la lluvia, con el fin de garantizar que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial, se calculó la intensidad de precipitación con la ecuación de la forma:

$$I = \frac{A}{(t+d)^b}$$

Donde,

I = Intensidad de Lluvia en mm/h

t = Tiempo de concentración en minutos

A, b y d = Parámetro de ajuste.

Los datos meteorológicos correspondientes a la zona en estudio fueron suministrados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). En este caso se tomó la estación meteorológica de Jinotega por su cercanía al proyecto, y por poseer más área de influencia sobre la cuenca en consideración, además de contar con mayor cantidad de registros.

3.5.2.3 Características de la estación:

- Código 055 020
- Latitud Norte 13° 05’ 06” N
- Longitud Oeste 85° 59’ 48” W
- Elevación 1032 msnm
- Periodo de Registro 1975 - 2009

Con los datos de intensidades máximas anuales, de la estación mencionada, se procedió a la elaboración de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) determinando los parámetros de ajuste para el modelo matemático que se utilizó en el cálculo de la intensidad de precipitación.

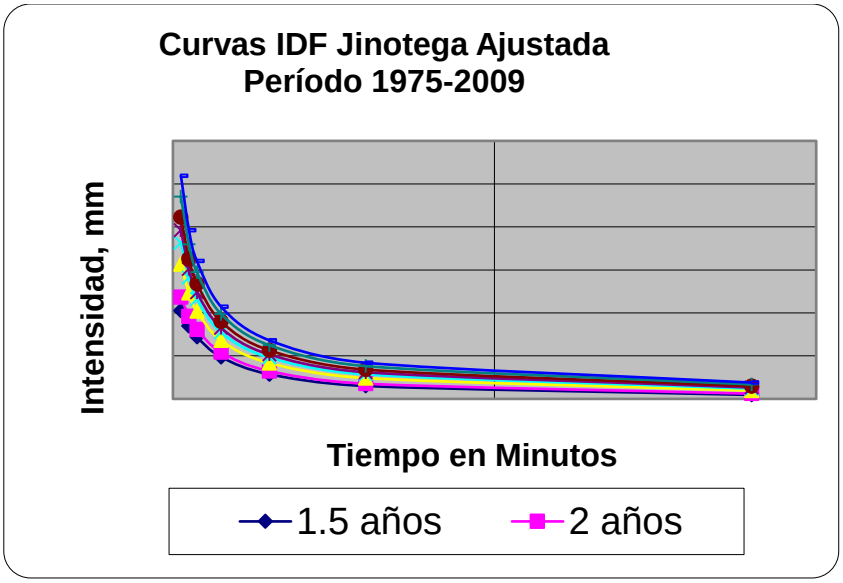
A continuación, se presentan los correspondientes parámetros de ajuste y la curva IDF para diferentes períodos de retorno de la estación meteorológica usada en el estudio.

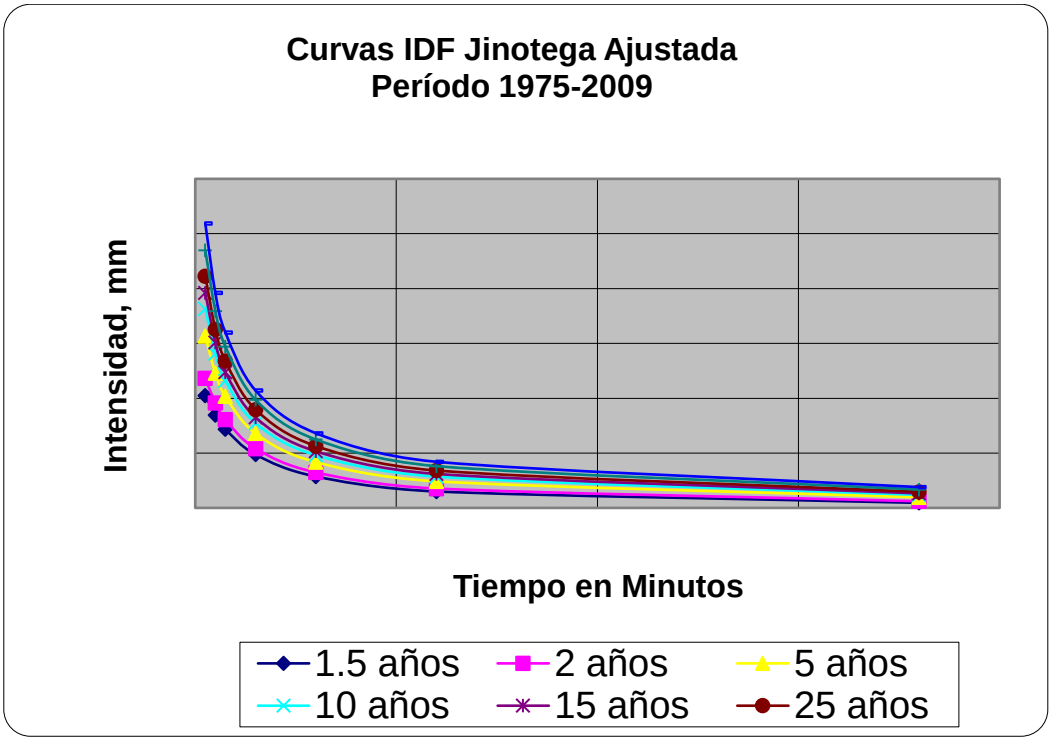
3.5.2.4 Estación meteorológica de Jinotega

Parámetros de ajustes:

Ecuación $$I = \frac{A}{(t+d)^b}$$

T:años	r	SEC	A	d	B
1.5	-0.9991	20.15	5831.4383	24.00	1.1998
2	-0.9994	17.63	3279.9045	18.00	1.0600
5	-0.9997	16.09	1835.2538	11.00	0.8877
10	-0.9998	17.88	1634.6048	9.00	0.8328
15	-0.9998	21.00	1553.0281	8.00	0.8068
25	-0.9999	25.22	1634.1613	8.00	0.7976
50	-0.9999	31.94	1595.0316	7.00	0.7709
100	-0.9998	40.64	1551.4325	6.00	0.7460





3.5.2 5 Tiempo de concentración

Se ha procedido a obtener el tiempo de concentración (Tc), utilizando para esto la fórmula de Kirpich, este tiempo de concentración Tc se define como el tiempo que dura el viaje de una gota de agua desde el punto más remoto de la cuenca hasta el sitio en consideración.

La fórmula se define como:

$$Tc = 0.0078K^{0.77}$$

Siendo Tc = Tiempo de concentración (min)

Haciendo $K = 3.28\ L / S^{0.5}$ (Relación Longitud/Pendiente)

Donde L = Longitud entre el punto más alejado de la cuenca y el punto de salida. (m)

S = Pendiente de la longitud en m/m.

Para este estudio se consideró como tiempo de concentración mínimo de 10 minutos.

3.5.2.6 Coeficientes de escorrentía

El coeficiente de escorrentía "**C**", el cual se define como la razón entre la cantidad de agua que escurre y la precipitación, se obtuvo de la tabla modificada de Bernard, para ser usado en la fórmula racional.

Este valor "C", está en dependencia de las características topográficas del terreno, tipo de suelo y cubierta vegetal de las diferentes cuencas que se estudiaron a partir de mapas geodésicos, imágenes de satélites e inspecciones directas de campo.

En la actualidad Nicaragua no cuenta con una herramienta que permita determinar este parámetro de acuerdo a las características topográficas del terreno, tipos de suelos y coberturas vegetales predominantes en el país, sin embargo, se considera que la Tabla Modificada de Bernard es una herramienta útil y aplicable a la zona ya que los factores que considera para la escogencia del “C” son fácilmente identificables con la información cartográfica y tecnología disponibles en la región.

En este estudio al coeficiente “C” se le ha atribuido un valor constante ponderado de 0.32 basándose en los siguientes criterios:

La razón por la cual se seleccionó un valor constante ponderado es que los patrones de drenaje predominantes en la zona del proyecto son bastante uniformes, esto sugiere que los tipos de suelos que conforman las cuencas poseen similitudes en cuanto a permeabilidad, grado de compactación natural y profundidad de los estratos, lo que permite suponer que un valor constante del coeficiente de escorrentía arrojará valores de caudales congruentes y ajustados a la realidad.

El valor constante seleccionado es 0.32, debido a que la cobertura vegetal predominante en la zona del proyecto corresponde a bosques de poca densidad con abundantes pastizales y áreas de cultivo, los suelos característicos son limos y arcillas con contenidos de arena moderados y semipermeables con capas ligeras

medianamente compactadas y la topografía predominante en las cuencas es semi montañosa con pendientes comprendidas entre 14% y 25%.

En las cuencas que contienen zonas semi urbanas se ha considerado mantener el valor del “C” en 0.32, debido a que en la mayoría de estas cuencas los escurrimientos inician en lo alto de los cerros, de manera que el área drenada presenta principalmente condiciones de cuenca rural, en cuanto al uso del suelo, topografía del terreno y cobertura vegetal, los sectores urbanizados existentes en la vía no representan un porcentaje significativo de las área drenadas, por tanto se ha considerado que no alteran las condiciones básicas de escurrimiento superficial de la zona.

En el siguiente cuadro se muestra la tabla Modificada de Bernard.

Cuadro Nº 28. Tabla modificada de Bernard

Valores de “C” para uso en la fórmula racional

SUELOS	Con Velocidad de Infiltración	COBERTURA DE LA CUENCA		
		Cultivada	Pastos	Bosques
Casi siempre arena o suelo gravoso (cascajoso)	Arriba de lo Promedio	0.20	0.15	0.10
No capas de arcillas compactas; sí tierras arcillosas ligeras(mezclas de limos y/o arcillas con alguna materia orgánica -humus) y suelos similares	Promedio	0.40	0.35	0.30
Suelos arcillosos densos o suelos con una capa de arcilla compacta cerca de la superficie; suelos poco profundos por encima de rocas impermeables.	Abajo de lo Promedio	0.50	0.45	0.40

3.5.2.7 Criterios de diseño.

- La lluvia de diseño considerada es para la probabilidad de ocurrencia de 4%, es decir un período de retorno de 25 años.
- La duración de la intensidad mínima fue asumida en 10 minutos.
- La estación base utilizada en este tramo de camino es la estación meteorológica de Jinotega, con información de intensidades desde 1975 hasta el 2009.

3.5.2.8 Cálculo hidráulico

Criterios de diseño alcantarillas

- Para el diseño de alcantarillas se analizaron dos tipos de escurrimiento, 1) Escurrimiento con Control de Entrada y 2) Escurrimiento con Control de Salida, cuya revisión hidráulica será determinada con una relación de He/D próximo a 1.00. Aquí es importante señalar que si bien es cierto que la relación He/D es uno de los principales parámetros que influyen en la selección de los diámetros de las alcantarillas, siempre se considerarán las condiciones propias de cada cruce recopiladas en las investigaciones de campo, es decir: marcas de agua, crecidas observadas por los pobladores de la zona, funcionamiento y conservación de las estructuras existentes etc. Considerando lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta que los diámetros comerciales disponibles en el mercado se incrementan cada seis pulgadas, algunas obras trabajarán con pequeñas cargas de agua por encima de la corona del tubo, mientras que otras poseerán pequeños bordes libres, todo en dependencia de las particularidades de cada cruce.

- El análisis de las alcantarillas se realizó para conductos del tipo circular de concreto reforzado, con una sección transversal uniforme y con una superficie de rugosidad de Manning de 0.011.

- El diámetro mínimo de las alcantarillas propuestas es de 30 pulgadas, tubo de concreto reforzado, este diámetro propuesto es con el fin de facilitar su mantenimiento. No se contempló en esta propuesta el uso de alcantarillas metálicas por tener una vida útil muy corta y estar expuestas a la corrosión (deterioro permanente) por la acción del medio que las rodea, además de poseer menor capacidad hidráulica debido a su mayor rugosidad.
- La alcantarilla en buen estado trabajando con una carga de He/D próximo 1.00, o aquellas que su capacidad hidráulica es suficiente para descargar el gasto de diseño, se mantendrán.
- En el análisis se contempló que todas las alcantarillas poseerán sus muros de cabeceras, aletones y delantal hidráulico de entrada y salida.

3.5.2.9 Desarrollo

Para el cálculo hidráulico de las alcantarillas, tanto las existentes como las nuevas propuestas, se utilizó el método de escurrimiento de control de entrada y escurrimiento de control de salida “Inlet-Outlet control”, utilizándose el programa desarrollado por la U.S. Departament of transportation Federal Highway Administration. Electronic Cumputer Program for Hidraulic Analisis of Circular and Box Culvert y el documento Gráficos Hidráulicos para el Diseño de Alcantarillas, Circular Ingeniería Hidráulica No. 5, de la Federal Highway Administration DOT Washington, D.C., U.S. Departament of Transportation. Preparado por Lester A. Herr y Herbert G. Bossy

El programa desarrollado por la U.S. Departament of Transportation Federal Highway Administration, está basado a ensayos de laboratorios y observaciones en el terreno, los que han puesto de manifiesto dos formas fundamentales típicas de escurrimientos en alcantarilla: 1) Escurrimiento con control de entrada y 2) Escurrimiento con control de salida; que para cada uno de estos dos tipos de control, se aplican diferentes factores y fórmulas para determinar la capacidad hidráulica de una alcantarilla.

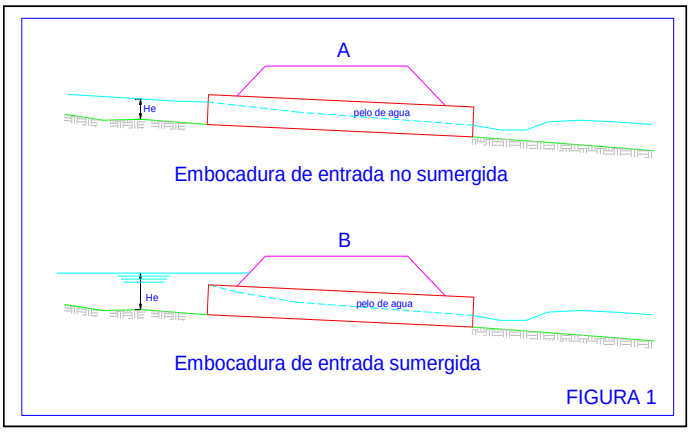
En el caso del escurrimiento con control de entrada es importante la sección transversal del conducto, la geometría de la embocadura y la profundidad del agua a la entrada o altura del remanso. En el escurrimiento con control a la salida es determinante, además el nivel del agua en la salida, la pendiente, rugosidad y largo del conducto.

Para revisar la capacidad hidráulica de las estructuras de drenaje menor existentes y el dimensionamiento de las alcantarillas propuestas, en caso de que las existentes sean insuficientes, se realizó el análisis tanto con control de entrada como con control de salida

3.5.2.10 Escurrimiento de las alcantarillas con control de entrada

El control de entrada, significa que la capacidad de descarga de una alcantarilla, está regida en su entrada, por la profundidad del Remanso (He) y por la geometría de la embocadura, que incluye forma y área de la sección transversal del conducto. En la figura 1A y 1B se muestran esquemas de escurrimiento con control de entrada, en donde la embocadura está libre y sumergida.

Figura Nº 6. 1A - 1B



Fuente: Estudio MTI

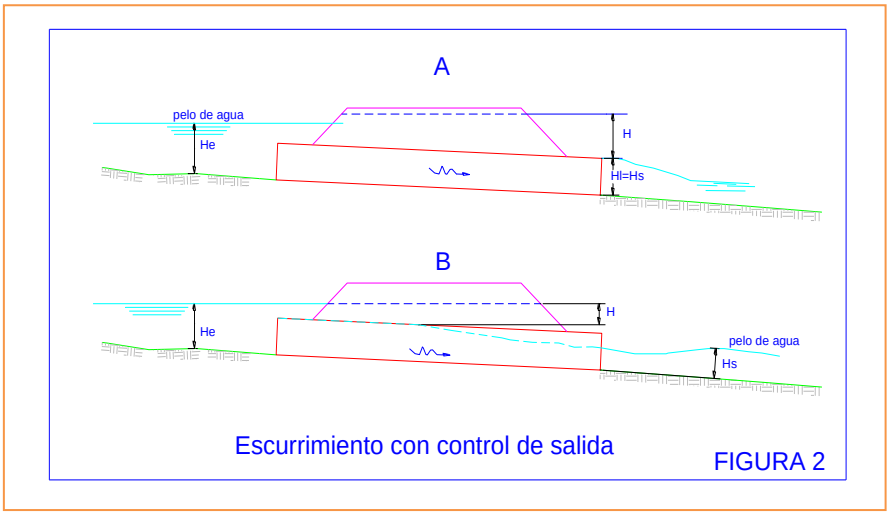
Con control de entrada, la rugosidad y el largo del conducto y las condiciones de salida, (incluyendo la profundidad del agua inmediatamente aguas abajo Hs) no son factores que determinan la capacidad de la alcantarilla, así como la profundidad del remanso no se afecta con el aumento de la pendiente.

En todo diseño de alcantarillas, un importante factor en la capacidad de descarga, es la profundidad del agua a la entrada, o profundidad del remanso que es la distancia vertical desde el umbral de la alcantarilla, en la entrada hasta la línea de energía total en dicho remanso (profundidad + altura cinética). Debido a las pequeñas velocidades de la corriente en los remansos y a la dificultad en determinar la altura cinética para todos los escurrimientos, se admite que el pelo de agua y la línea de energía total coincidan. Lo que significa que las profundidades del remanso obtenidas de los gráficos de la circular de Ingeniería Hidráulica No 5, puedan ser mayores que las que se presentan en la práctica.

3.5.2.11 Escurrimiento de las alcantarillas con control de salida

El escurrimiento en alcantarillas con control de salida, puede presentarse con conducto lleno o parcialmente lleno, ya sea en una porción o en toda su longitud (Figura 7.). Los procedimientos desarrollados en la circular de ingeniería hidráulica Nº 5, permiten la exacta determinación de la profundidad del agua, a la entrada, para las condiciones de escurrimiento con control de salida. El escurrimiento lleno a la salida fig. 2A solamente ocurrirá con los más altos caudales de descarga.

Figura Nº 7. 2A – 2B



Fuente: Estudio MTI

La altura de carga H, (figura 2), o energía requerida para hacer circular una cantidad dada de agua a través de la alcantarilla, escurriendo llena con control de salida, está compuesta de tres partes principales que son: la altura cinética hv, la pérdida de carga a la entrada he y la pérdida de carga por fricción o rozamiento hf. Esta energía se obtiene del remanso de entrada y se expresa con la siguiente ecuación:

Se presentan los cálculos hidráulicos drenaje trasversal

Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali - Condega

Cruce	Estación	Q (m^3/s)	Dimensión (m)	Obra Existente	Obra Propuesta
1	00+193.50	Cruce Drenaje Mayor		Alcantarilla de Cajón	Caja de 3.05 x 3.05 mts
2	00+319.00	Cruce Drenaje Mayor		-	Vado mamp 6.6 x 5 mts
3	00+411.00	Cruce Drenaje Mayor		Alcantarilla de Cajón	Caja de 3.66 x 3.66 mts
4	00+776.00	1.03	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
5	01+076.00	1.00	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
6	01+236.00	0.56	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
7	01+618.00	1.66	1.06	-	1 - Ø 42 Pulg. TCR
8	01+855.00	1.53	1.06	30 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
9	02+040.00	9.15	1.52	2_42 plg TCR	2 - Ø 60 Pulg. TCR
10	02+614.00	0.93	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
11	02+810.00	0.43	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
12	02+916.00	0.59	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
13	03+047.00	0.76	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
14	03+284.00	3.02	1.06	24 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
15	03+545.00	1.26	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
16	03+762.00	0.49	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
17	03+992.00	0.18	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR
18	04+073.00	0.49	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
19	04+219.00	0.87	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
20	04+541.00	7.87	1.52	2_42 plg TCR	2 - Ø 60 Pulg. TCR

Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali – Condega (continuación)

21	04+741.00	1.66	1.06	-	1 - Ø 42 Pulg. TCR
22	04+975.00	1.12	0.91	30 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
23	05+065.00	Cruce Drenaje Mayor		2_42 plg TCR	Caja de 3.66 x 3.66 mts
24	05+360.00	0.66	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
25	05+512.00	1.13	0.91	30 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
26	05+829.00	1.05	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
27	06+154.00	0.41	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
28	06+342.00	0.45	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR
29	06+414.00	Cruce Drenaje Mayor		2_42 plg TCR	Caja de 3.66 x 3.05 mts
30	06+620.00	1.13	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
31	06+821.00	1.24	0.91	30 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
32	07+097.00	1.25	0.76	2_30 plg TCR	2 - Ø 30 Pulg. TCR
33	07+345.00	0.75	0.76	-	1 - Ø 30 Pulg. TCR
34	07+545.00	Cruce Drenaje Mayor		PUENTE LA VAINILLA	
35	07+842.00	Cruce Drenaje Mayor		Alcantarilla de Cajón	Caja de 3.66 x 3.05 mts
36	08+012.00	0.38	0.76	No Existe	1 - Ø 30 Pulg. TCR
37	08+073.00	0.41	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
38	08+244.00	0.49	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
39	08+518.00	0.73	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
40	08+700.00	0.80	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
41	08+750.00	Cruce Drenaje Mayor		3_42 plg TCR	Caja de 2.44 x 2.44 mts
42	09+000.00	2.13	0.91	30 plg TCR	2 - Ø 36 Pulg. TCR
43	09+313.00	4.68	1.22	42 plg TCR	2 - Ø 48 Pulg. TCR

Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali – Condega (continuación)

44	09+519.00	2.00	1.06	24 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
45	09+624.00	2.49	0.91	30 plg TCR	2 - Ø 36 Pulg. TCR
46	09+881.00	5.05	1.22	42 plg TCR	2 - Ø 48 Pulg. TCR
47	10+127.00	0.47	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
48	10+155.00	3.50	1.06	Aterrada	2 - Ø 42 Pulg. TCR
49	10+354.00	2.11	0.91	30 plg TCR	2 - Ø 36 Pulg. TCR
50	10+529.00	0.71	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
51	10+616.00	0.66	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
52	10+806.00	9.51	1.52	36 plg TCR	2 - Ø 60 Pulg. TCR
53	11+104.00	2.51	0.91	36 plg TCR	2 - Ø 36 Pulg. TCR
54	11+491.00	0.81	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
55	11+621.00	0.76	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
56	11+948.00	8.10	1.52	42 plg TCR	2 - Ø 60 Pulg. TCR
57	12+200.00	3.29	1.06	42 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
58	12+483.00	0.45	0.76	-	1 - Ø 30 Pulg. TCR
59	12+558.00	1.97	1.06	36 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
60	13+152.00	1.02	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
61	13+305.00	0.57	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
62	13+644.00	3.86	1.06	2_42 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
63	13+878.00	0.57	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
64	13+948.00	0.97	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
65	14+114.00	0.64	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
66	14+320.00	Cruce Drenaje Mayor		PUENTE EL JOCOTE	

Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali – Condega (continuación)

67	14+761.00	0.44	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
68	14+818.00	1.85	1.06	42 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
69	15+061.00	1.58	1.06	36 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
70	15+232.00	0.29	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
71	15+441.00	0.17	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
72	15+602.00	0.52	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
73	15+708.00	0.12	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
74	15+860.00	0.64	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
75	16+487.00	0.67	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
76	16+704.00	0.97	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
77	16+907.00	3.35	1.06	Aterrada	2 - Ø 42 Pulg. TCR
78	17+147.00	1.28	0.91	Aterrada	1 - Ø 36 Pulg. TCR
79	17+458.00	0.81	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
80	17+822.00	0.98	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
81	17+965.00	3.68	1.22	30 Plg TCR	2 - Ø 48 Pulg. TCR
82	18+053.00	0.36	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
83	18+329.00	0.38	0.76	Vado	1 - Ø 30 Pulg. TCR
84	18+451.00	1.30	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
85	18+558.00	0.68	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
86	18+618.00	0.42	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR
87	18+690.00	3.49	1.06	30 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
88	18+795.00	1.41	1.06	Aterrada	1 - Ø 42 Pulg. TCR
89	18+920.00	1.22	0.91	30 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR

Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali – Condega (continuación)

90	18+973.00	1.02	0.91	-	1 - Ø 36 Pulg. TCR
91	19+117.00	0.95	0.91	30 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
92	19+211.00	4.47	1.22	36 plg TCR	2 - Ø 48 Pulg. TCR
93	19+461.00	0.76	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR
94	19+810.00	0.45	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
95	20+010.00	0.54	0.76	-	1 - Ø 30 Pulg. TCR
96	20+221.00	0.41	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
97	20+374.00	0.40	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
98	20+532.00	0.37	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
99	20+614.00	4.32	1.22	42 plg TCR	2 - Ø 48 Pulg. TCR
100	20+889.00	1.08	0.91	-	1 - Ø 36 Pulg. TCR
101	21+572.00	1.05	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
102	21+723.00	1.09	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
103	21+846.00	0.69	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
104	22+275.00	4.40	1.22	42 plg TCR	2 - Ø 48 Pulg. TCR
105	22+417.00	0.68	1.06	42 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
106	22+617.00	0.52	0.76	-	1 - Ø 30 Pulg. TCR
107	22+815.00	2.62	0.91	36 plg TCR	2 - Ø 36 Pulg. TCR
108	23+045.00	0.44	0.76	-	1 - Ø 30 Pulg. TCR
109	23+241.00	5.54	1.37	Alcantarilla de Cajón	2 - Ø 54 Pulg. TCR
110	23+318.00	0.77	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
111	23+641.00	0.45	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
112	23+732.00	1.81	1.06	24 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
113	23+963.00	0.10	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR

Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali – Condega (continuación)

114	24+138.00	0.38	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
115	24+288.00	0.78	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
116	24+499.00	1.22	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
117	24+576.00	Cruce Drenaje Mayor		2_42 plg TCR	Caja de 3.66 x 3.05 mts
118	25+121.00	Cruce Drenaje Mayor		42 plg TCR	Caja de 3.66 x 3.66 mts
119	25+547.00	Cruce Drenaje Mayor		42 plg TCR	Caja de 3.05 x 3.05 mts
120	26+015.00	3.04	1.06	42 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
121	26+452.00	1.76	1.06	24 plg TCR con vado de mamp de 6x 6 mts	1 - Ø 42 Pulg. TCR
122	26+589.00	0.85	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR
123	27+412.00	9.60	1.37	plg 42	3 - Ø 54 Pulg. TCR
124	27+504.00	1.29	0.91	Aterrada	1 - Ø 36 Pulg. TCR
125	27+650.00	1.28	0.91	Aterrada	1 - Ø 36 Pulg. TCR
126	27+888.00	1.12	0.91	24 plg	1 - Ø 36 Pulg. TCR
127	28+064.00	5.74	1.06	24 plg TCR	3 - Ø 42 Pulg. TCR
128	28+407.00	2.94	1.06	30 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
129	28+627.00	0.80	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
130	28+752.00	1.25	1.06	42 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
131	29+404.00	0.93	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
132	29+542.00	0.50	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
133	29+686.00	0.56	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
134	29+817.00	0.24	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
135	29+897.00	0.41	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
136	30+445.00	0.50	0.76	-	1 - Ø 30 Pulg. TCR
137	30+609.00	0.27	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
138	30+756.00	0.31	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR

Cuadro N° 29. Tabla resumen de drenaje transversal, tramo: Yali – Condega (continuación)

139	30+914.00	0.32	0.91	36 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
140	31+268.00	0.35	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
141	31+427.00	0.20	0.76	30 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
142	31+738.00	Cruce Drenaje Mayor		PUENTE EL ESTRIBO	
143	32+748.00	Cruce Drenaje Mayor		42 plg TCR	Caja de 3.05 x 2.44 mts
144	32+899.00	1.06	0.91	30 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
145	33+308.00	3.13	1.06	24 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
146	33+456.00	2.92	1.06	42 plg TCR	2 - Ø 42 Pulg. TCR
147	33+885.00	1.85	1.06	24 plg TCR	1 - Ø 42 Pulg. TCR
148	34+191.00	6.46	1.37	42 plg TCR	2 - Ø 54 Pulg. TCR
149	34+377.00	0.91	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
150	34+727.00	0.86	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
151	35+246.00	Cruce Drenaje Mayor		2_60 plg TCR	Caja doble de 3.66 x 3.66 mts
152	35+467.00	0.62	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
153	35+715.00	Cruce Drenaje Mayor		2_42 plg TCR	Caja de 2.44 x 2.44 mts
154	36+596.00	1.26	0.91	24 plg TCR	1 - Ø 36 Pulg. TCR
155	37+192.00		0.91	Vado	3 - Ø 36 Pulg. TCR
156	37+327.00	Cruce Drenaje Mayor		PUENTE VADO PASO REAL	
157	37+484.00	0.84	0.76	24 plg TCR	1 - Ø 30 Pulg. TCR
158	37+974.00	0.64	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR
159	38+154.00	0.52	0.76	Aterrada	1 - Ø 30 Pulg. TCR
160	38+789.00	9.32	1.52	2_42 plg TCR	2 - Ø 60 Pulg. TCR

3.5.2.12 Drenaje longitudinal

Alcance

Como parte del sistema de drenaje del camino, se ha considero el diseño de cunetas para recolectar el escurrimiento pluvial que drena en los márgenes de la vía. Estas estructuras deberán ser convenientemente ubicadas y dimensionadas, para lo cual, se han realizado las siguientes actividades.

- Recopilación de toda la información necesaria, como mapas geodésicos digitalizados, datos pluviométricos, información hidrológica, estudios de suelo, información sobre el camino y otras informaciones básicas.

- Visitas de campo y reconocimiento del lugar, tanto las zonas laterales del camino, como las obras de cruce y de la cuenca global. No se consideró la propuesta de contracunetas en vista que las áreas adyacentes laterales fueron incluidas en la propuesta de cunetas.

- Análisis de la hidrología del drenaje longitudinal del área que contribuye y se caracterizó la morfología de la cuneta; determinando la estabilidad o inestabilidad de la cuneta, así como el aporte de los arrastres (escombros), los cuales permiten pre-establecer las condiciones a las que estará expuesta la estructura.

- Determinación de la sección adecuada que no presente problemas de construcción y de mantenimiento, es decir, una sección transversal eficiente, que no permita el derramamiento de agua. En este estudio se ha propuesto que la sección transversal típica para cunetas revestidas sea triangular, esto obedece principalmente a que éstas formas han comprobado su eficiencia en un sin número de proyectos similares ejecutados en la región, son las que mejor se acomodan al terreno natural minimizando así los trabajos constructivos, lo que finalmente se traduce en ahorros al proyecto, además son las que brindan mayor

seguridad al momento que algún imprevisto obligue a los usuarios de la vía a invadir la cuneta.

- Selección del tipo de recubrimiento, en este caso, se propone construir las cunetas de mampostería (piedra bruta con mortero), por la sencillez de los procesos constructivos y por la calidad y durabilidad obtenida.

- Selección del método de estimación de la descarga máxima de diseño, período de retorno predefinido, y la revisión de la capacidad hidráulica.

3.5.2.13 Metodología

Para el diseño de cunetas, se ha utilizado el Método de Izzard, el cual es aplicable a zonas con escurrimiento disperso sin cauce definido.

En este método se considera un coeficiente de escurrimiento K que varía de 0.05 a 0.90 de acuerdo al tipo de superficie, el cual se muestra a continuación:

Cuadro N° 30. Coeficiente método de Izzard

Valores del coeficiente de escurrimiento K para diversas superficies

Superficies	K
Área residencial urbana:	
Solo casa residenciales	0.3
Apartamentos con espacios verde	0.5
Área de edificios comerciales e industriales	0.9
Áreas boscosas, dependiendo del suelo	0.50 – 0.20
Parques terrenos agrícolas y pastizales	0.05 – 0.20
Asfalto o pavimento de concreto	0.85

Así mismo se considera un coeficiente de retardo **Cr**, que oscila en un rango de 0.007 a 0.060, también de acuerdo al tipo de superficie, ver tabla a continuación:

Cuadro N° 31. Coeficiente método de Izzard

Valores del coeficiente del Retardo Cr.

SUPERFICIES	K
Superficies lisas asfálticas	0.007
Pavimento de concreto	0.012
Pavimento de grava	0.017
Césped muy tupido	0.046
Pastizales	0.06

Las expresiones utilizadas para el dimensionamiento de estas obras son:

$Tc = \frac{527bLo^{1/3}}{[KI]^{2/3}}$ Siendo: $b = \frac{0.00002761I+Cr}{So^{1/3}}$

Donde:

Tc: Tiempo de Concentración en min

I : Intensidades de precipitación en mm/h.

Lo: Longitud de escurrimiento en m.

K : Coeficiente de Escorrentía.

Cr : Coeficiente de retardo superficial.

So : Pendiente media superficial en m/m.

Para determinar la capacidad de conducción de las cunetas se utilizó la conocida fórmula de Manning:

$V = \frac{1}{n}.R^{2/3}.S^{\frac{1}{2}}$, se sabe que *Q = A.V,* por tanto sustituyendo el valor de *V* de Manning, se tiene:

$$Q = A.\frac{1}{n}.R^{2/3}.S^{1/2} ,$$

Donde:

V = Velocidad promedio en m/seg.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio Hidráulico en m.

S = Pendiente en m/m.

A = Área de la sección transversal del flujo en m^2.

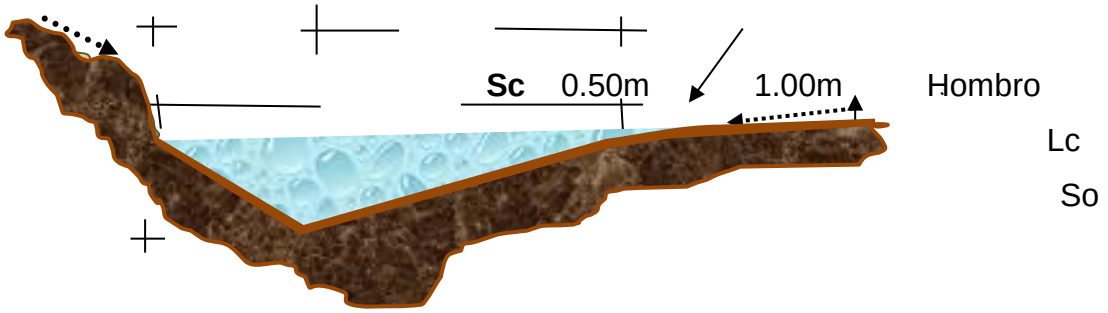
Q = Descarga en m^3/seg.

Para el dimensionamiento de las obras de drenaje longitudinal se ha considerado utilizar una hoja de cálculo en Excel, basada en las expresiones anteriores y se establece los siguientes cálculos.

Cuadro N° 32. Capacidad hidráulica de las cunetas propuestas, tramos: Yali - Condega y empalme La Laguna - La Laguna

Cuneta Triangular: Base: 1.50m. Altura: 0.50 m.

Detalle Típico de Cuneta =



Pendiente	Pendiente	n	Q	V	dsit.	A
(%)	(m/m)		(m^3/s)	(m/s)	(m)	(m^2)
0.00	0.000	0.017	0.00	0.00	0.0	0.38
6.00	0.060	0.017	1.88	5.01	1,116.1	0.38
6.09	0.061	0.017	1.89	5.04	1,124.3	0.38
6.29	0.063	0.017	1.92	5.13	1,142.8	0.38
6.33	0.063	0.017	1.93	5.14	1,146.4	0.38

Cuadro N° 32. Capacidad hidráulica de las cunetas propuestas, tramos: Yali - Condega y empalme La Laguna - La Laguna (continuación)

6.65	0.067	0.017	1.98	5.27	1,175.0	0.38
7.55	0.076	0.017	2.11	5.62	1,252.0	0.38
7.65	0.077	0.017	2.12	5.66	1,260.3	0.38
7.65	0.077	0.017	2.12	5.66	1,260.3	0.38
8.00	0.080	0.017	2.17	5.78	1,288.8	0.38
8.32	0.083	0.017	2.21	5.90	1,314.3	0.38
8.77	0.088	0.017	2.27	6.05	1,349.4	0.38
8.77	0.088	0.017	2.27	6.05	1,349.4	0.38
8.83	0.088	0.017	2.28	6.08	1,354.0	0.38
8.93	0.089	0.017	2.29	6.11	1,361.6	0.38
8.94	0.089	0.017	2.29	6.11	1,362.4	0.38
8.96	0.090	0.017	2.30	6.12	1,363.9	0.38
9.75	0.098	0.017	2.39	6.38	1,422.8	0.38
9.90	0.099	0.017	2.41	6.43	1,433.7	0.38
10.39	0.104	0.017	2.47	6.59	1,468.7	0.38
10.55	0.106	0.017	2.49	6.64	1,480.0	0.38
10.62	0.106	0.017	2.50	6.66	1,484.9	0.38
10.97	0.110	0.017	2.54	6.77	1,509.2	0.38

Cuadro N° 32. Capacidad hidráulica de las cunetas propuestas, tramos: Yali - Condega y empalme La Laguna - La Laguna (continuación)

11.21	0.112	0.017	2.57	6.85	1,525.6	0.38
11.32	0.113	0.017	2.58	6.88	1,533.1	0.38
11.62	0.116	0.017	2.61	6.97	1,553.2	0.38
11.68	0.117	0.017	2.62	6.99	1,557.2	0.38
12.01	0.120	0.017	2.66	7.09	1,579.1	0.38
12.06	0.121	0.017	2.66	7.10	1,582.4	0.38
13.03	0.130	0.017	2.77	7.38	1,644.8	0.38
13.15	0.132	0.017	2.78	7.41	1,652.3	0.38
13.29	0.133	0.017	2.80	7.45	1,661.1	0.38
14.12	0.141	0.017	2.88	7.68	1,712.2	0.38
14.32	0.143	0.017	2.90	7.74	1,724.3	0.38
14.88	0.149	0.017	2.96	7.89	1,757.7	0.38
16.27	0.163	0.017	3.09	8.25	1,837.9	0.38
17.69	0.177	0.017	3.22	8.60	1,916.5	0.38

En este estudio no se ha considerado la construcción de contracunetas, debido a que los flujos de agua que escurren a través de los taludes no son muy significativos, esto se puede constatar si se revisa la memoria de cálculo hidrológico del drenaje menor.

Para el dimensionamiento de subdrenajes, debido a que el diseño de un sistema adecuado de subdrenaje en carreteras no puede seguir normas fijas y predeterminadas, sino que debe más bien apoyarse en la experiencia práctica, se propone utilizar tubos perforados de 8 pulgadas, los detalles pueden observarse detenidamente en los planos constructivos.

3.5.2.14. Drenaje mayor

En esta parte del estudio se aborda todo lo relacionado a los estudios hidrotécnicos del drenaje mayor del camino. Para llevar a cabo estos estudios, se desarrolló un plan de trabajo constituido básicamente por las etapas que se mencionan a continuación:

- Recolección de información, investigación y trabajos de campo.
- Análisis de la información recopilada y de los datos de campo.
- Elaboración de propuesta de acuerdo al análisis de los datos de campo y a la información recopilada**.**
- Recomendaciones, consulta y revisión.

El objetivo fundamental de éste plan de trabajo, es seleccionar las estructuras más económicas que permitan el paso de las aguas aceptando cierto riesgo, respecto los daños que pudieran ocasionarse a la vía, al tránsito y a las propiedades adyacentes. Como no se puede tomar el criterio de dar protección total a la vía, ya que se diseñarían estructuras de grandes proporciones, tanto físicas como económicas, debe definirse un período de retorno que tome en cuenta el grado de riesgo de acuerdo al tipo de obra que se proyectará y a la importancia de la vía en la que se emplazará la nueva estructura.

3.5.2.16 Obras de drenaje mayor (Puentes, cajas y puentes vados)

Se reconocieron puentes elevados de superestructura de concreto y acero en colaboración con subestructura de mampostería de piedra bolón, y obras de cruce bajo (puentes vados con tubos de concreto reforzado).

A continuación, se muestran tomas de las principales obras de drenaje mayor identificadas en el proyecto.

Foto N° 21 Puente Casco urbano Yalí. 00+500

Foto N° 22 Puente La Vainilla. 7+300

Foto N° 23 Puente Guayucalí. 7+500

Foto N° 24 Puente El Jocote 13+900

Foto N° 25 Puente El Bramadero. 17+500

Foto N° 26 Puente vado Paso Real. 36+350

En general los estudios hidrotécnicos para el diseño de obras de drenaje mayor consisten en la estimación del caudal hidrológico en el sitio de cruce y el cálculo hidráulico de la estructura para evacuar dicho caudal. Es de interés que para cada cruce estos estudios proporcionen la siguiente información:

- Ubicación óptima del cruce.
- Caudal máximo de diseño hasta la ubicación de la estructura.
- Comportamiento hidráulico del río en el tramo que comprende el puente.
- Área de flujo a ser confinada por el puente.
- Nivel máximo de agua (NMA) en la ubicación del puente.
- Nivel mínimo recomendable para el tablero del puente.
- Profundidades de socavación general, por contracción y local.
- Profundidad mínima recomendable para la ubicación de la cimentación, según el tipo de cimentación.
- Obras de protección necesarias para controlar los efectos erosivos en la cimentación del puente, en las riberas y en el cauce
- Previsiones para la construcción del puente.

El proceso desarrollado en los estudios hidrotécnicos en general, ha contemplado la recopilación de información, los trabajos de campo y los trabajos de gabinete. Los estudios hidrotécnicos han comprendido lo siguiente:

- Recopilación de toda la información posible de los cruces, estudios de suelos, mapas geodésicos, información hidrológica, y cualquier otra información que afecte en mayor o menor grado la ubicación del puente.
- Visita de campo; reconocimiento de los sitios tanto en la zona de cruce como de la cuenca global.
- Recolección y análisis de información hidrométrica y meteorológica existente.
- Caracterización hidrológica de la cuenca, considerada hasta el cruce del curso de agua; en base a la determinación de las características de respuesta lluvia - escorrentía.
- Selección del método de estimación del caudal de diseño.
- Estimación de caudales máximos y determinación del período de retorno; el período de retorno depende de las características e importancia de la estructura.
- Determinación de las características físicas del cauce, incluyendo las llanuras de inundación; la pendiente del cauce en el tramo de estudio, diámetro medio del material del lecho tomado a partir de varias muestras del cauce, coeficientes de rugosidad considerando la presencia o no de vegetación, materiales cohesivos, etc.
- Selección de secciones transversales representativas del cauce y obtención del perfil longitudinal; la longitud del tramo a ser analizado depende de las condiciones de flujo previstas, por ejemplo, alteraciones aguas arriba o aguas abajo que debieran considerarse.
- Determinación del perfil de flujo ante el paso del caudal de diseño a lo largo del cauce; mediante el programa HEC-RAS.
- Determinación de las características hidráulicas del flujo; estas comprenden la velocidad media, ancho superficial, área de flujo, pendiente de la línea de energía, nivel de la superficie de agua, etc., cuyos valores son necesarios para la determinación de la profundidad de socavación.

- Determinación de las profundidades de socavación general, por contracción, local y total.

En este estudio se identificaron 16 cruces de drenaje mayor, como parte de los estudios hidrotécnicos, se ha revisado la capacidad hidráulica de todas las obras de drenaje mayor existentes en el camino.

3.5.2.17 Estudios hidrológicos

Los estudios hidrológicos consistieron en el cálculo del caudal máximo probable que pueda presentarse en los cruces de drenaje mayor. Para esto; se tomaron en cuenta todos los factores que influyen en la formación de caudales que son las características físicas de la cuenca de aportación tales como: el área, longitud del cauce principal, la pendiente del cauce y la cobertura vegetal. Con esta información se procedió a definir el método para determinar la avenida de diseño.

Para la selección de la metodología a usar se tomaron en cuenta la disponibilidad de información hidrológica; la obtención de los datos de intensidades máximas anuales de la estación meteorológica más cercana a cada cuenca, la cartografía disponible como son los mapas geodésicos en escala 1:50,000 y los mapas de uso de suelos de la zona.

3.5.2.18 Cálculo de las avenidas de diseño

La avenida de diseño, se refiere al volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo, que puede presentarse en un cruce, debido a cierta intensidad de lluvia asociada a un período de retorno previamente definido. La avenida de diseño se calcula por extrapolación de los datos históricos para unas condiciones definidas como críticas. Este cálculo es el principal objetivo de los estudios hidrológicos para el diseño de obras de drenaje mayor, y en él intervienen una serie de parámetros que deberán establecerse de acuerdo al tipo de obra a construirse, las características de la cuenca y los datos de precipitación.

A continuación, se describen los parámetros que fueron utilizados para el cálculo de la avenida de diseño:

Frecuencia de diseño

En los estudios hidrotécnicos tiene vital importancia el cálculo de la frecuencia con que los caudales de una determinada magnitud, serán igualados o excedidos, o bien deducir el período medio de tiempo que transcurre entre dos crecidas que igualan o sobrepasan un determinado valor, este intervalo de tiempo se conoce como período de retorno o frecuencia de lluvia de diseño.

Para efectos de formulación de obras de drenaje mayor, se recomienda que la frecuencia de la lluvia de diseño sea establecida en función de las características e importancia de la vía donde se emplazará la nueva estructura y del tipo de obra a proyectarse. Deben considerarse también aspectos adicionales como el grado de incertidumbre existente en la estimación de algunos parámetros para el estudio de las cuencas, vida útil de la obra y riesgos permisibles.

En este estudio se ha fijado una frecuencia de diseño de 50 años, según lo establecido en los términos de referencia.

El consultor ha considerado que esta frecuencia de diseño es apropiada, si se toman en cuenta criterios económicos tales como la comparación de los costos anuales de la obra con los daños producidos por las crecientes, además esta frecuencia garantiza estructuras, que durante su vida útil, no permitan que las pérdidas económicas sobrepasen los costos de construcción.

Tiempo de concentración

Se procedió a obtener el tiempo de concentración (Tc), utilizando para esto la fórmula de Kirpich que se expresa como:

$Tc = 0.0078K^{0.77}$

Siendo Tc = Tiempo de concentración (min.)

Haciendo:

$K = 3.28\ L / S^{0.5}$; (Relación Longitud/Pendiente)

Donde:

L = Longitud entre el punto más alejado de la cuenca y el punto de salida. (m)

S = Pendiente del cauce en m/m.

3.5.2.19 Delimitación de las áreas de drenaje

Los terrenos de una cuenca son delimitados por dos tipos de divisorias o parte aguas; divisoria topográfica o superficial, y divisoria freática o subterránea. Esta última establece los límites de los embalses de agua subterránea. Las dos divisorias difícilmente coinciden. La divisoria freática varía con la posición del nivel freático. En este tipo de estudios se acostumbra definir el área de drenaje de una cuenca de acuerdo con su divisoria topográfica.

Para la estimación de las áreas de drenaje del proyecto, se utilizaron mapas geodésicos de la zona en estudio a escala 1:50,000 elaborados por INETER. Estos mapas se digitalizaron y se procesaron con ayuda del programa AutoCad, de tal manera, que fue posible el trazo del parte aguas con métodos computarizados que facilitaron la obtención de las áreas de drenaje de las cuencas.

El trazo del parte aguas se realizó siguiendo un conjunto de normas generales que mencionamos a continuación:

a) La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.

b) Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
c) Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava.
d) Si cortamos el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección en ésta, ha de ser el punto de mayor altitud del terreno.
e) Como comprobación, la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arroyo o vaguada, excepto en el punto del que queremos obtener su divisoria.

Intensidad de precipitación.

Una vez que se obtuvo el tiempo de concentración de la cuenca, y tomando el criterio de que éste es igual al tiempo de duración de la lluvia, con el fin de garantizar que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial, se calculó la intensidad de precipitación con la ecuación de la forma:

$$I = \frac{A}{(t+d)^b}$$

Donde, *I* = Intensidad de Lluvia en mm/h

t = Tiempo de concentración en minutos

A, b y d = Parámetro de ajuste.

Los datos meteorológicos correspondientes a la zona en estudio los cuales fueron suministrados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). En este caso se tomó la estación meteorológica de Jinotega para los cruces de drenaje mayor, a excepción del cruce Paso Real donde se tomó la estación de Estelí, por estar contenida la mayoría de su área de drenaje en la zona de influencia de ésta estación.

Con los datos de intensidades máximas anuales, de la estación mencionada, se procedió a la elaboración de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) determinando los parámetros de ajuste para el modelo matemático que se utilizó en el cálculo de la intensidad de precipitación.

- Finalmente, los datos obtenidos se ajustan utilizando procedimientos de ajustes de curvas. En este caso, el ajuste se hizo con el método de mínimos cuadrados. En los anexos se muestra el cálculo completo, siguiendo la metodología descrita.

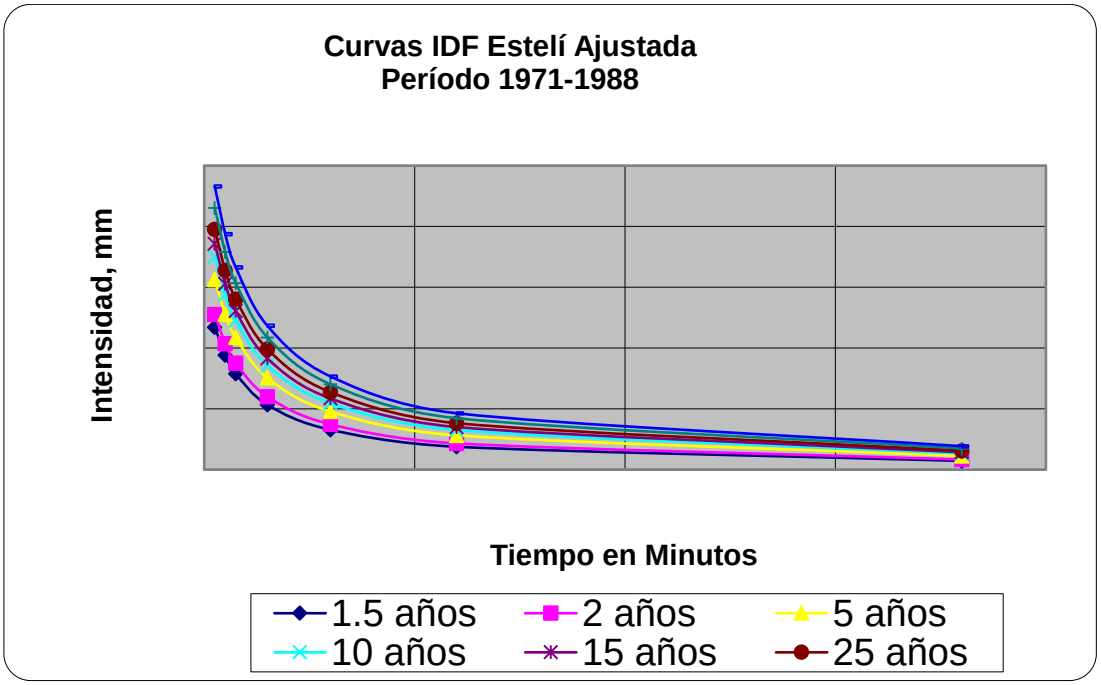
En la siguiente página se presentan las curvas IDF para diferentes períodos de retorno de las estaciones meteorológicas usadas en el proyecto, así como sus correspondientes parámetros de ajuste.

3.5.2.20 Estación meteorológica de Estelí

Parámetros de ajustes

Ecuación $$I = \frac{A}{(t+d)^b}$$

T:años	r	SEC	A	d	b
1.5	-0.9990	20.82	1850.1963	14.00	0.9371
2	-0.9992	26.95	2081.3183	15.00	0.9316
5	-0.9990	61.58	2294.4600	15.00	0.8969
10	-0.9987	100.10	2455.7320	15.00	0.8813
15	-0.9986	127.35	2550.7686	15.00	0.8742
25	-0.9985	166.04	2882.9952	16.00	0.8802
50	-0.9983	227.06	3059.3569	16.00	0.8715
100	-0.9981	298.33	3237.9484	16.00	0.8644



3.5.2.21 Caudal máximo con el modelo de tránsito de avenida

Para la obtención del caudal de diseño se determinaron las avenidas que generan las subcuencas en que fue dividida el área de drenaje, utilizando el Método Racional que se define como:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Q = Caudal m^3/seg.

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

A = Área de Drenaje (has).

Una vez que se obtuvieron los caudales de cada subcuenca, éstos se transitaron a la siguiente, hasta llegar al punto de concentración de cierre.

La variante que se utilizó para el tránsito de avenidas es la de Muskingum, que expresa:

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1$$

Siendo

I = flujo de entrada

O = flujo de salida

C_i = Coeficiente adimensional

Donde:

C_0 = -(Kx-0.5t)/f ; C_1 = (Kx+0.5t)/f y C_2 = (K-Kx-0.5t)/f

f = K-Kx+0.5t

t = tc/2; tc = Tiempo de concentración

t = Intervalo de encauzamiento

k = LT/VT, Constante de almacenamientos expresado en minutos.

LT = Longitud de Tránsito.

VT= Velocidad de tránsito, promedio de la velocidad de cada subcuenta transitándose.

En los anexos se muestran los resultados de los estudios hidrológicos del drenaje mayor, con sus respectivas memorias de cálculo.

3.5.2.22 Estudios hidráulicos drenaje mayor

El diseño hidráulico de una obra de drenaje mayor debe realizarse de acuerdo a las condiciones topográficas del sitio donde se emplazará la estructura, y en concordancia con los resultados obtenidos en los estudios hidrológicos.

Modelación hidráulica de los puentes existentes, estructuras propuestas y cálculo hidráulico de cajas.

Puentes existentes:

Para modelar el comportamiento hidráulico de los puentes existentes, se seleccionó una zona de estudio de aproximadamente 500 metros (300mts aguas arriba y 200 mts aguas abajo), con secciones transversales cada 10 metros, con ancho tal, que se abarque el área de influencia de las aguas.

Posteriormente con el modelo Hec – Ras se evaluaron los niveles de aguas máximas en cada sección y en las inmediaciones de las estructuras existentes, lo que permitió evaluar la capacidad hidráulica de las mismas. A continuación, se muestra un cuadro resumen de los resultados obtenidos en la modelación:

Cuadro N° 33. Resultados hidráulicos estructuras existentes

RESULTADOS HIDRAULICOS ESTRUCTURAS EXISTENTES					
Puente	**Estación**	**Longitud (m)**	**Name (msnm)**	**Borde Libre (m)**	**Observación**
La Vainilla	07+545.00	36	729.17	0.00	Insuficiente
El Jocote	14+320.00	20	686.73	0.00	Insuficiente
El Estribo	31+738.00	4.5	604.43	0.07	Insuficiente
Paso Real	37+327.00	73	532.58	0.00	Puente Vado Insuficiente

Como se observa en la tabla anterior, los puentes existentes no poseen suficiente capacidad hidráulica para evacuar los caudales de diseño, por tal razón, deberán ser reemplazados por estructuras de mayor capacidad.

3.5.2.23 Puentes propuestos

La selección de las nuevas estructuras de drenaje mayor se realizó tomando en cuenta la seguridad de la vía y la economía del proyecto, para modelarlas en Hec – Ras se utilizó la misma información geométrica de los cauces utilizada en la modelación de las

obras existentes. A continuación, se muestra un cuadro resumen con las obras propuestas y los principales resultados obtenidos en la modelación.

Cuadro N° 34. Resultados hidráulicos estructuras propuestas

RESULTADOS HIDRAULICOS ESTRUCTURAS PROPUESTAS						
Puente	Estación	Longitud (m)	Name (msnm)	Borde Libre (m)	Socavación Combinada (m)	
					Izquierda	Derecha
La Vainilla	07+545.00	40	728.99	1.52	3.75	2.52
El Jocote	14+320.00	35	686.96	1.55	3.50	3.72
El Estribo	31+738.00	10	603.30	1.50	1.98	2.08
Paso Real	37+327.00	80	531.44	2.41	2.24	3.07

Como se observa en la tabla, las estructuras propuestas poseen suficiente capacidad hidráulica para evacuar los caudales de diseño, con bordes libres bastante seguros para las nuevas superestructuras, por tanto, consideramos conveniente reemplazar las obras existentes por las propuestas mostradas en la tabla anterior.

Referente a las estimaciones de socavación mostradas, obtenidas en la modelación, recomendamos cimentar las nuevas estructuras a profundidades mayores, con el fin de garantizar la seguridad de las sub estructuras al momento de presentarse los eventos de diseño, tomando siempre en consideración la capacidad portante del suelo.

3.5.2.24 Cajas puentes

En el caso de las cajas puentes se analizaron para dos tipos de escurrimiento: control de entrada y control de salida, definiendo primeramente las condiciones de la entrada, el coeficiente de manning, velocidad de descarga permisible y altura de agua permisible

En los anexos se muestran los resultados de la simulación hidráulica de los puentes y las memorias de cálculo hidráulico de las cajas.

Cuadro N° 35. Caudales hidrológicos para cajas puente tramo:

Yali - Condega

CAUDALES HIDROLOGICOS PARA CAJAS PUENTES TRAMO: YALI - CONDEGA													
CARACTERISTICAS HIDROMETEOROLOGICAS DE LAS SUBCUENCAS													
Cruce N°	Estación	Area de drenaje (ha)	Longitud (m)	Hmax. (m)	Hmin. (m)	Sc. m/m	$Sc^{0.5}$	K	$K^{0.77}$	Tc (min)	I (mm/h)	C	Qd (m^3/seg.)
1	00+193.50	231.66	3582.06	1145.00	870.00	0.0768	0.2771	42404.01	3656.82	28.52	101.74	0.32	20.95
3	00+411.00	305.43	3386.98	1191.00	858.00	0.0983	0.3136	35429.89	3184.31	24.84	110.71	0.32	30.06
23	05+065.00	274.52	2769.57	1100.00	771.00	0.1188	0.3447	26356.88	2535.64	19.78	126.51	0.32	30.87
29	06+414.00	293.29	2670.02	1000.00	871.00	0.0483	0.2198	39842.83	3485.54	27.19	104.79	0.32	27.32
35	07+842.00	237.76	2492.60	1100.00	739.00	0.1448	0.3806	21483.15	2166.28	16.90	138.11	0.32	29.19
41	08+750.00	78.11	1652.06	1167.00	767.00	0.2421	0.4921	11012.44	1294.94	10.10	178.75	0.32	12.41
117	24+576.00	184.39	2037.76	1120.00	798.00	0.1580	0.3975	16814.19	1793.79	13.99	152.62	0.25	19.54
118	25+121.00	231.41	2076.91	1100.00	758.00	0.1647	0.4058	16787.61	1791.60	13.97	152.72	0.32	31.41
119	25+547.00	131.81	1349.03	1000.00	760.00	0.1779	0.4218	10490.60	1247.43	9.73	179.57	0.32	21.04
143	32+748.00	157.14	2168.31	740.00	588.00	0.0701	0.2648	26861.79	2572.97	20.07	125.46	0.32	17.52
153	35+715.00	77.08	1143.99	725.00	558.00	0.1460	0.3821	9820.81	1185.64	9.25	179.57	0.32	12.30

Información utilizada.

Datos Geométricos: La información geométrica de los ríos se obtuvo por medio de los levantamientos topográficos realizados con el Total Station, tratándose de representar en lo mayor posible la geometría del cauce y de sus áreas adyacentes. La información topográfica obtenida directamente en el terreno fue procesada con ayuda del programa Land Desktop garantizando de esta manera la precisión de los datos de entrada necesarios para el desarrollo del programa.

3.5.2.25 Características de las estructuras propuestas

La definición de las características de las obras de drenaje mayor debe realizarse tomando como parámetro fundamental el caudal de diseño, que es la variable más importante obtenida en los estudios hidrológicos, adicionalmente se consideraron otros criterios tales como: costos de construcción, riesgos permisibles, importancia de la vía, volúmenes de tráfico etc. De lo anterior es que se ha considerado analizar dos alternativas:

- Cajas puentes de concreto reforzado.
- Puentes de superestructura de concreto y acero en colaboración con subestructura de mampostería de piedra bolón.

La selección de estas alternativas responde básicamente a las facilidades y ahorros que se logran durante los procesos constructivos, y a la eficiencia obtenida durante la vida de las estructuras. Referente a la propuesta de superestructura para puentes, muchas pruebas experimentales realizadas a estructuras de concreto y acero en colaboración, han mostrado, que entre la viga de acero y la losa de concreto reforzado se genera cierta fricción que hace posible que ambas trabajen como una sola sección. Este grado de eficiencia permite usar menos acero en la superestructura, lo que finalmente se traduce en ahorros.

En el caso de la subestructura para puentes, los estribos se proponen de mampostería, debido a que el metro cúbico de mampostería clase A para puentes, posea un costo unitario menor que el de concreto estructural, esto sin mencionar que el estribo de concreto reforzado demanda cantidades relativamente grandes de acero de refuerzo y más mano de obra calificada.

Las cajas puentes de concreto reforzado son una alternativa favorable para evacuar caudales medianos en proyectos de carreteras. El diseño hidráulico de una obra de drenaje consiste en proponer una sección capaz de evacuar con seguridad el caudal de diseño, si esta sección se puede obtener con una estructura más barata e igualmente eficiente, es claro que estas estructuras resultan más convenientes si se analiza la propuesta desde un punto de vista de costos y beneficios. Adicionalmente a esto, las cajas puentes presentan menor riesgo de socavación y costos de mantenimiento más favorables.

Los métodos presentados en este estudio proveen un conveniente y organizado procedimiento para el diseño de obras de drenaje menor, sin embargo, el ingeniero

proyectista debe estar completamente familiarizado con la variedad de condiciones de escurrimiento posibles en éstas complejas estructuras hidráulicas, ya que su juicio será determinante en la selección del tipo de estructura que más convenga.

En este trabajo se combina la información y metodología contenidas en la Circular de Ingeniería Hidráulica (CIH) número 5 gráficos hidráulicos para el diseño de alcantarillas, CIH número 10 gráficos de capacidad para el diseño hidráulico de alcantarillas y CIH número 13 diseño hidráulico de embocaduras mejoradas para alcantarillas, junto con información más reciente desarrollada por organismos oficiales, universidades y fabricantes.

Dotar a una carretera con un sistema de drenaje eficiente, es garantizar el buen funcionamiento y seguridad de la misma, es por eso que durante los procesos de pre inversión en proyectos de carreteras, deben sopesarse los costos de construcción con los beneficios obtenidos. La proyección adecuada de estructuras de drenaje y el dimensionamiento correcto de las mismas, a corto plazo se traducirá en sustanciales ahorros, en cuanto a mantenimiento y conservación de la vía.

Es necesario recomendar que se brinde mantenimiento rutinario a todas las obras de drenaje, antes y después de los períodos de lluvia. Este mantenimiento deberá comprender como mínimo la limpieza de tuberías, cauces, cunetas y la reparación de cualquier daño incipiente que a corto plazo pueda ocasionar severos problemas a la estructura, o afectar su funcionamiento.

La construcción de las nuevas estructuras deberá realizarse en armonía con el terreno, por eso es recomendable que al momento de su instalación se ajusten lo más posible a la pendiente, y al eje de corriente existente, de manera tal, que no se afecte la alineación del canal natural ni la elevación del fondo del cauce.

Los costos de construcción al momento de ejecutar un proyecto, se ven afectados por diferentes factores tales como: el escalamiento de la moneda, modificaciones al

diseño, imprevistos entre otros. Esta situación normalmente ocasiona reducción en la cantidad de obras a ejecutarse y frecuentemente las primeras afectadas son las obras misceláneas y complementarias. Se recomienda no limitar la construcción de obras como: muros de cabecera, aletones, tragantes, cortinas hidráulicas, cunetas, bajantes, bordillos etc. ya que éstas son componentes vitales del sistema de drenaje.

El estudio concluye que los resultados obtenidos en los cálculos hidrológicos, están en concordancia con las características de las cuencas estudiadas, por ejemplo, los valores de los caudales calculados son medianamente grandes, lo que es lógico si se analizan las áreas de drenaje y las pendientes de los cauces principales.

Los resultados de las modelaciones de los puentes evidencian que las estructuras propuestas poseen suficiente capacidad hidráulica para evacuar las avenidas de diseño, igualmente las cajas puentes propuestas, tal como lo reflejan los resultados de este estudio.

Como se muestra en los resultados arrojados por el programa Hec – Ras, si se presentara el evento de diseño, las nuevas obras garantizarán un borde libre mayor que 1 metro, permitiendo el paso de cualquier objeto que arrastre la corriente sin poner en riesgo la estructura.

Se recomienda que al momento de la construcción se conforme el cauce en las cercanías del puente para lograr una mejor estabilidad del flujo en las inmediaciones del cruce.

3.6 ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.6.1 Información existente

La recopilación de la información histórica existente de las estaciones de conteos volumétricos de tráfico del PMS, de la División General de Planificación - DGP del Ministerio de Transporte e Infraestructura - MTI, localizadas en la red de carreteras que aportarán parte de sus flujos vehiculares actuales a la corriente vehicular de las carreteras NIC. – 3 (San Rafael del Norte – San Sebastián de Yalí - Condega).

Para ello se revisó el tráfico histórico de las estaciones sumarias Nº 307 (Tramo: El Tule – Intersección NIC. 1) que tienen registros de los años 2001, 2005 y 2009; mientras que la estación permanente Nº 111 (Condega – Shell Palacagüina), posee registros continuos desde el año 2000 hasta el 2009[3]. El Cuadro Nº B.1, del Anexo "B", presenta las series históricas de estas estaciones.

Otra información documental en la que se basa el estudio, fue el Plan Nacional de Transporte PNT – 2000 y al estudio desarrollado por CAEM, los que sirvieron para comparar los resultados de la encuesta O/D con los resultados de estos estudios en lo referente a la utilización vehicular de carga y pasajeros, en ambos casos se concluye que la flota vehicular está siendo sub explotada, lo que incrementa los costos de operación vehicular del transporte de carga y pasajeros rentado e incrementa las inversiones de divisas para la compra de combustibles, partes, repuestos y llantas y demás insumos del transporte, generando una pesada carga económica y financiera al país.

3.6.2 Tipo de tráfico

1. **Tráfico normal**: Es el que existe y existirá independientemente si se mejora o no la carretera.

[3] Anuario de Aforos 2009

2. **Tráfico atraído**: Es el que se desvía y atrae, producto de la mejora en una carretera, como resultado de un cambio en los costos de transporte.

3. **Tráfico desarrollado:** Es el resultante de un desarrollo en el uso del suelo que no podía darse sin la existencia de la infraestructura de transporte que la nueva obra ha creado. Una nueva vía impulsa el desarrollo de zonas turísticas o deportivas y hace accesibles nuevos terrenos urbanos o industriales que generan un tráfico que a su vez, ha de soportar.

3.6.3 Cálculo del TPDA

3.6.3.1 Tramo San Sebastián de Yalí – Condega (38.92 Km)

Las proyecciones del tráfico vehicular, están basadas en las hipótesis planteadas en el escenario de crecimiento de la economía nacional, presentado anteriormente y lo mismo que los aspectos de la economía nacional arriba descrito, de este análisis se obtiene como resultados las proyecciones del tráfico promedio diaria anual (TPDA) y de su composición.

3.6.3.2 Tráfico normal

El tráfico normal lo conforma el tráfico que continuará creciendo independiente de las condiciones físicas y geométricas del camino. Los resultados de las proyecciones del TPDA Normal de la carretera, por cada tipo de vehículo, se presentan en el Cuadro N° 36.

Para las proyecciones del tráfico normal de los años de diseño y construcción, (2011 – 2013), se revisó la tasa de crecimiento anual de la estación permanente Nº 111 (Condega – Shell Palacagüina), cuyo valor es de 3.38 %, que es la estación maestra que gobierna ese tramo de carretera, la cual resulta muy cercana a las cifras del PIB

del 3.50 % asumidas por el consultor, al igual que el crecimiento esperado por el Gobierno de Nicaragua del 3.0 % para este año, por lo que se hará uso del 3.50 % del PIB para la proyección de los años (2011 – 2013).

Cuadro N° 36. Proyección del tráfico
Promedio diario anual (TPDA)
Período 2011 – 2033 (vpd)

Tráfico Normal								Carretera: San Sebastián de Yalí - Condega							
Año	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3S2	Veh. Cons.	Veh. Agric		
2011	48	18	16	66	3	0	9	27	25	10	0	1	1	4	228
2012	50	19	16	69	3	0	9	28	26	10	0	1	1	4	236
2013	51	20	17	71	3	0	9	29	27	11	0	1	1	5	244
2014	54	21	18	75	3	0	10	32	29	12	0	1	1	5	261
2015	57	22	19	79	3	0	10	35	32	13	0	1	1	5	279
2016	61	23	20	84	4	0	11	39	35	14	0	1	1	5	298
2017	64	24	21	88	4	0	12	42	39	15	0	1	1	6	318
2018	68	26	22	93	4	0	12	46	42	17	1	1	1	6	340
2019	72	27	23	99	4	1	13	51	47	19	1	1	2	6	367
2020	77	29	25	106	5	1	14	57	52	21	1	1	2	7	395
2021	82	31	26	112	5	1	15	63	58	23	1	1	2	7	426
2022	87	33	28	120	5	1	16	70	64	25	1	2	2	8	460
2023	92	35	30	127	6	1	17	78	71	28	1	2	2	8	497
2024	99	38	32	136	6	1	18	87	79	32	1	2	3	9	541
2025	106	40	34	146	6	1	19	97	89	35	1	2	3	9	589
2026	113	43	37	156	7	1	21	109	99	40	1	3	3	10	642
2027	121	46	39	167	7	1	22	122	111	44	1	3	4	11	701
2028	130	49	42	179	8	1	24	137	125	50	1	3	4	12	764
2029	140	53	45	193	8	1	25	155	141	56	2	4	5	12	841
2030	151	57	49	208	9	1	27	176	160	64	2	4	5	13	927
2031	162	62	53	224	10	1	30	199	181	72	2	5	6	14	1,021
2032	175	67	57	241	11	1	32	225	205	82	2	5	7	16	1,126
2033	189	72	61	260	11	1	34	255	233	93	3	6	7	19	**1,245**

Fuente: Estudio de Tráfico, Proyecto: Estudio de Factibilidad y diseño Final para el Tramo de Carretera; San Sebastián de Yalí - Condega.

3.6.3.3 Tráfico desarrollado.

Para cuantificar el tráfico desarrollado por efecto del proyecto (Cuadro N° 37)**,** el consultor hizo uso de los resultados de las proyecciones de la producción agrícola cuantificada por el estudio económico tanto la producción sin proyecto como la producción con proyecto para lo cual se realizaron las siguientes hipótesis:

- ⇨ La producción sin proyecto es transportada por el tráfico actual del camino.
- ⇨ La producción con proyecto es el incremento productivo, generado por las mejores facilidades viales, las cuales permitirán un incremento productivo, debido a las posibilidades de implementar nuevas tecnologías de cultivo y ampliar las áreas de siembra y mayores rendimientos por manzana de los cultivos.
- ⇨ Se asume que el índice de utilización de la capacidad de carga de los camiones es del 40.83 %, de conformidad con los resultados de la encuesta OD, realizada sobre el camino.
- ⇨ Los vehículos livianos (Jeep y camionetas Pick Up), también sufren un incremento, como consecuencia de la mayor producción y productividad agrícola de la zona de influencia del camino.
- ⇨ Se calcula el número de vehículos livianos que se desarrollan por efecto del crecimiento de la producción agropecuaria, a partir del tráfico normal del año 2014, (camionetas, Jeep).
- ⇨ Para determinar la cantidad de vehículos en el año uno de operación, se multiplicaron los vehículos livianos asociados a la producción (jeep y camionetas), por las tasas de crecimiento anual de la producción agropecuaria obtenida en el primer año de proyecto y que es proporcionada por el estudio de factibilidad económica (1.41).
- ⇨ Los caminos C2, se cuantificaron a partir de la producción agrícola y ganadera de la zona para la condición con y sin proyecto, para lo cual se calculó el diferencial de ambas producciones y este diferencial se transformó a toneladas a camión, a partir de las cifras del estudio económico.

⇨ En la producción ganadera, se considera la producción de leche, la cual fue transformada a kilogramos y éstos a toneladas, para determinar el tráfico de camiones C2 Livianos que intervienen en el transporte de leche.

Cuadro N° 37. Proyección del tráfico desarrollado

Período 2013 – 2032

Tráfico Desarrollado					
Año	Vehículos Livianos		Camiones		TPDA (vpd)
	Jeep	Cta. Pick Up	C2 Liv.	C2	
2014	7	31	1	2	40
2015	9	39	1	2	51
2016	12	49	1	3	64
2017	13	55	2	4	73
2018	14	61	2	4	81
2019	16	67	2	4	89
2020	17	74	2	5	98
2021	19	81	2	5	107
2022	21	88	3	6	117
2023	23	97	3	6	129
2024	25	104	4	7	140
2025	31	133	4	7	175
2026	31	134	4	9	179
2027	34	144	5	9	192
2028	37	157	6	9	209
2029	40	170	6	10	227
2030	43	184	7	11	245
2031	47	198	8	12	265
2032	50	214	9	13	287
2033	54	229	11	14	308

Fuente: Estudio de tráfico, Proyecto: Estudio de factibilidad y diseño Final para el tramo de carretera; San Sebastián de Yalí - Condega.

Tráfico atraído.

Debido a las características del tramo en estudio y por ser una única vía de acceso a las comunidades del municipio de San Sebastián de Yalí, los resultados de la encuesta origen – destino, de este tramo de la carretera NIC - 3, no poseerá tráfico atraído desde otros corredores viales.

Tráfico total

El tráfico total lo conforma la suma del tráfico normal, más la adición del tráfico desarrollado, el tráfico total del proyecto, se presenta en el cuadro N° 36

Del total de vehículos en el año 2033 (1,552.0 vpd), las motos, representan el 12.16 % del TPDA, el 55.73 % son autos, jeep y camionetas Pick Up, el 3.03 % son vehículos de transporte público de pasajeros, el 40.04 % son camiones pesados y 1.20 % corresponden a otros vehículos.

Las 189.0 motos diarias del año 2033, representa un impacto en la capacidad de vía y el Nivel de servicio, no así en las condiciones geométricas y estructurales, por lo que se podrán transformar a vehículos livianos, para efectos de cálculos geométricos, físicos y estructurales de la vía, haciendo uso del factor de Autos equivalentes que transforma el tipo otros vehículos a vehículos livianos para carreteras de topografía ondulada que es igual a 4.0 (HCM).

A continuación, se presenta el tráfico total promedio diario anual TPDA (vpd) proyectado hasta el año 2,032, es decir, a 20 años:

Cuadro N° 38. TPDA total

Tráfico Total															
		Carretera: San Sebastián de Yalí –Condega													
Año	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	TxSx ≥5e.	VA	VC		
2011	48	18	16	66	3	0	9	27	25	10	0	1	1	4	228
2012	50	19	16	69	3	0	9	28	26	10	0	1	1	4	236
2013	51	20	17	71	3	0	9	29	27	11	0	1	1	5	244
2014	54	21	25	106	3	0	10	33	31	12	0	1	1	5	301
2015	57	22	28	118	3	0	10	36	34	13	0	1	1	5	330
2016	61	23	31	133	4	0	11	39	38	14	0	1	1	5	362
2017	64	24	34	143	4	0	12	44	42	15	0	1	1	6	391
2018	68	26	36	155	4	0	12	48	46	17	1	1	1	6	421
2019	72	27	39	167	4	1	13	53	51	19	1	1	2	6	456
2020	77	29	42	180	5	1	14	59	57	21	1	1	2	7	494
2021	82	31	45	193	5	1	15	66	63	23	1	1	2	7	534
2022	87	33	49	207	5	1	16	73	70	25	1	2	2	8	577
2023	92	35	53	224	6	1	17	81	77	28	1	2	2	8	626
2024	99	38	57	240	6	1	18	91	86	32	1	2	3	9	681
2025	106	40	65	278	6	1	19	101	96	35	1	2	3	9	764
2026	113	43	68	290	7	1	21	113	109	40	1	3	3	10	821
2027	121	46	73	312	7	1	22	127	120	44	1	3	4	11	893
2028	130	49	79	336	8	1	24	143	134	50	1	3	4	12	974
2029	140	53	85	363	8	1	25	162	152	56	2	4	5	12	1,068
2030	151	57	92	391	9	1	27	183	171	64	2	4	5	13	1,172
2031	162	62	99	422	10	1	30	207	193	72	2	5	6	14	1,286
2032	175	67	107	456	11	1	32	235	218	82	2	5	7	16	1,413
2033	189	72	115	489	11	1	34	266	246	93	3	6	7	19	1,552

Fuente: Estudio de Tráfico, Proyecto: Estudio de factibilidad y diseño final para el Tramo de carretera; San Sebastián de Yalí - Condega.

3.6.4 Tramo Empalme La Laguna – La Laguna (1.47 Km)

El procedimiento para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se describe a continuación:

3.6.4.1 Tránsito Promedio Diario

Para el caso del tramo de camino entre el Empalme La Laguna – La Laguna, con longitud de 1.40 km, se realizó un conteo horario de cuatro horas, tres horas por la mañana, entre las 08:00 y las 11:00 horas y por la tarde una hora entre las 16:00 y las 17:00 horas.

3.6.4.2 Expansión a 24.0 Horas

Estos volúmenes de tráfico de cuatro horas se expandieron a tráfico de 12.0 horas, haciendo uso de la ecuación de los factores de expansión horarios, cuya ecuación se presenta a continuación:

$$f_{pi} = V_{pi} / E_{pi}$$

Dónde

f_{pi} : es el factor de expansión a 12.0 hrs. del tipo de vehículo “i”.

V_{pi} : es el volumen total del tipo de vehículo “i” contados durante las 12.0 horas; E_{pi} ; son los vehículos del tipo “i” contados en el período.

Estos factores se usan para expandir los conteos con duración menores de 12.0 hrs. a volúmenes de 12.0 hrs.; al multiplicar el volumen horario del período de conteo por el FEH, para lo cual se utilizó el conteo del día sábado de la estación Nº 2 (San Diego).

Para expandir a tráfico de 24.0 horas, se hizo uso del factor de expansión día por tipo de vehículo de la estación sumaria Nº 307 (Tramo: El Tule - Condega Intersección NIC. - 1), correspondiente al conteo del año 2009, que se presenta en la siguiente tabla:

Cuadro Nº 39. Factores de expansión día y semana;

Estación nº 307

Camino: NIC-3	Estación 307		Tramo: El Tule -Condega (Intersección NIC. - 1)						Enero	2009		km	217+700	
Grupos	Vehículos de Pasajeros							Vehículos de Carga				Equipo Pesado		
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2 5+t	C3	TxSx ≥5e.	VA	VC	Otros
Factor Día	1.29	1.38	1.26	1.3	1.29	1.25	1.2	1.25	1.47	1.42	1.55	1	1	1.2
Factor Semana	0.99	1.06	0.98	0.97	1.07	1.36	1.01	0.91	0.91	0.92	0.96	2.14	1	1.05
Factor Temporada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2009.

Para la proyección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se utilizaron los mismos criterios del estudio de tráfico de la carretera San Sebastián de Yalí – Condega y se utilizaron las mismas tasas de crecimiento anual, para Vehículos de Carga y Pasajeros, para el tráfico normal del camino que a su vez se considera como el tráfico total, el cual es también parte del tráfico de la carretera principal.

Con el TPD expandido a 24 horas, se procedió al cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA, haciendo uso del factor semana de la estación Nº 307 y temporada de la Estación Permanente Nº 111, correspondientes al año 2009, cuyos resultados se presentan en los Cuadros Nº 40.

Cuadro N° 40. Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) (VPD)

Tramo: Empalme La laguna - Laguna															
Grupo	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados		Otros	Total (vph)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3S2	Veh. Cons.	Veh. Agric		
TPDS	17	0	6	55	0	0	7	36	21	0	0	0	0	0	142
Factor Semana	0.99	1.06	0.98	0.97	1.07	1.36	1.01	0.91	0.91	0.92	0.96	2.14	1.00	1.05	
Factor Temporada	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
TPDA (vpd)	17	0	6	53	0	0	7	33	19	0	0	0	0	0	135
% TPDA	12.3%	0.0%	4.6%	39.3%	0.0%	0.0%	5.4%	24.5%	13.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

Fuente: Estudio de Tráfico, Proyecto: Estudio de Factibilidad y diseño Final para el Tramo de Carretera; San Sebastián de Yalí - Condega.

3.6.4.3 Tráfico normal

El tráfico normal lo conforma el tráfico que continuará creciendo independiente de las condiciones físicas y geométricas del camino. Los resultados de las proyecciones del TPDA Normal de la carretera, por cada tipo de vehículo, se presentan en el Cuadro No.41.

Cuadro N° 41. Proyección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Período 2011 – 2033.

Tráfico Total															
		Carretera: Empalme La Laguna - La Laguna													
Año	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3S2	Veh. Cons.	Veh. Agric		
2011	17	0	6	53	0	0	7	33	19	0	0	0	0	0	135
2012	17	0	6	55	0	0	8	34	19	0	0	0	0	0	139
2013	18	0	7	57	0	0	8	35	20	0	0	0	0	0	144
2014	19	0	7	60	0	0	8	39	22	0	0	0	0	0	155
2015	20	0	7	63	0	0	9	42	24	0	0	0	0	0	166
2016	21	0	8	67	0	0	9	47	26	0	0	0	0	0	178
2017	22	0	8	71	0	0	10	51	29	0	0	0	0	0	191
2018	23	0	9	75	0	0	10	56	32	0	0	0	0	0	205
2019	25	0	9	79	0	0	11	62	35	0	0	0	0	0	222
2020	26	0	10	85	0	0	12	69	39	0	0	0	0	0	240
2021	28	0	10	90	0	0	12	76	43	0	0	0	0	0	260
2022	30	0	11	96	0	0	13	85	48	0	0	0	0	0	282
2023	32	0	12	102	0	0	14	94	53	0	0	0	0	0	306
2024	34	0	13	109	0	0	15	105	60	0	0	0	0	0	335
2025	37	0	14	117	0	0	16	118	67	0	0	0	0	0	367
2026	39	0	15	125	0	0	17	132	75	0	0	0	0	0	402
2027	42	0	16	134	0	0	18	148	84	0	0	0	0	0	441
2028	45	0	17	143	0	0	20	166	94	0	0	0	0	0	484
2029	48	0	18	154	0	0	21	187	106	0	0	0	0	0	536
2030	52	0	19	166	0	0	23	212	121	0	0	0	0	0	593
2031	56	0	21	179	0	0	25	240	137	0	0	0	0	0	658
2032	61	0	23	193	0	0	27	272	155	0	0	0	0	0	730
2033	65	0	24	208	0	0	29	308	175	0	0	0	0	0	810

Fuente: Estudio de Tráfico, Proyecto: Estudio de Factibilidad y diseño Final para el Tramo de Carretera; San Sebastián de Yalí – Condega

3.7 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

3.7.1 Selección del CBR de diseño

De acuerdo con los estudios de suelos y materiales realizados a lo largo de la carretera del proyecto, se obtuvo para la capa de sub-rasante compactada al 95% de su Densidad Seca Máxima, un valor relativo soporte (CBR) promedio de diseño de 16.7% que correlacionado con el módulo resiliente y al daño relativo alcanza el valor de 14212 PSI.

Para estimar el módulo de resilencia a partir del CBR se promedió el valor recomendado por el programa WinPas y el obtenido por las siguientes ecuaciones, con el objeto de adoptar un criterio intermedio entre estas dos recomendaciones:

$M_R = 1.500 * CBR$, CBR igual o menor a 7.5%

$M_R = 3.000 * (CBR)^{0.65}$, CBR mayor a 7.5%, pero menor o igual a 20%

$M_R = 4.326 * \ln(CBR) + 241$, CBR mayor a 20%

A continuación, se presentan los cálculos para estimar el Módulo de Resilencia:

Cuadro N° 42. Módulo de resiliencia

Estación	Profundidad (cm)		CBR (%) Al 95% de Compact.	Módulo Resiliente (PSI)		
Km+m	De	A	*Saturado*	Fórmula	Win Pas	Promedio
2+000	28	150	7.3	10921	7502	9212
3+000	28	100	9.8	13226	9166	11196
3+500	15	80	32.0	15234	20334	17784
4+000	25	125	1.6	2400	2787	2594
4+500	60	150	12.0	15087	10519	12803

Cuadro N° 42. Módulo de resiliencia (continuación)

Estación	Profundidad (cm)	CBR (%) Al 95% de Compact.	Módulo Resiliente (PSI)	Estación	Profundidad (cm)	CBR (%) Al 95% de Compact.
5+000	38	100	1.7	2550	2875	2713
6+500	30	70	2.0	3000	3137	3069
7+000	8	30	15.7	17966	12629	15298
7+500	30	150	38.0	15977	22268	19123
8+000	15	100	2.4	3600	3487	3544
8+500	40	100	4.0	6000	4887	5444
9+000	15	80	15.0	17441	12243	14842
9+500	12	60	12.5	15492	10815	13154
10+000	16	65	44.0	16611	23918	20265
11+000	30	70	38.0	15977	22268	19123
11+500	14	55	6.7	10050	7250	8650
12+000	18	150	11.0	14257	9915	12086
12+500	18	80	6.0	9000	6638	7819
13+000	50	150	2.0	3000	3137	3069
13+500	60	90	5.2	7800	5938	6869
14+000	18	60	37.0	15862	21968	18915
14+500	20	40	5.4	8100	6113	7107
15+000	24	80	33.0	15367	20681	18024
15+500	12	40	14.3	16908	11852	14380
16+000	30	150	33.0	15367	20681	18024
16+500	34	75	34.0	15496	21017	18257
17+500	35	150	7.4	11018	7572	9295
18+500	70	150	1.3	1950	2524	2237
19+000	40	90	9.0	12514	8650	10582
19+500	25	90	3.1	4650	4100	4375
20+000	30	90	34.0	15496	21017	18257
20+500	40	150	31.0	15096	19977	17537
21+000	65	120	32.0	15234	20334	17784

Cuadro N° 42. Módulo de resiliencia (continuación)

21+500	90	150	2.0	3000	3137	3069
22+000	75	110	15.0	17441	12243	14842
22+500	58	150	14.0	16676	11682	14179
23+500	10	40	18.5	19989	14120	17055
24+000	20	100	33.0	15367	20681	18024
25+000	100	150	15.5	17817	12519	15168
26+500	30	80	39.0	16090	22561	19326
27+000	32	90	1.3	1950	2524	2237
27+500	50	95	33.0	15367	20681	18024
28+000	40	80	12.0	15087	10519	12803
28+500	20	150	2.4	3600	3487	3544
29+000	30	150	8.0	11591	7984	9788
29+500	15	100	30.0	14955	19608	17282
30+000	12	100	31.0	15096	19977	17537
30+500	28	150	35.0	15621	21343	18482
31+000	25	55	2.8	4200	3837	4019
31+500	20	70	14.0	16676	11682	14179
32+000	12	150	6.5	9750	7075	8413
33+000	10	80	41.0	16306	23123	19715
34+000	12	40	5.0	7500	5763	6632
34+500	13	65	38.0	15977	22268	19123
35+500	55	100	0.9	1350	2174	1762
36+000	35	150	12.0	15087	10519	12803
37+000	10	110	2.2	3300	3312	3306
37+500	55	150	36.0	15743	21660	18702
38+000	15	150	15.0	17441	12243	14842
38+500	12	70	2.2	3300	3312	3306
39+000	28	75	2.0	3000	3137	3069
39+500	12	40	35.0	15621	21343	18482
39+900	40	150	9.0	12514	8650	10582
MODULO RESILIENTE PROMEDIO EN PSI						11805

No.	Mes	Condición	MR	Daño Relativo
1	Enero	Seco	19832	0.0126
2	Febrero	Seco	19832	0.0126
3	Marzo	Seco	19832	0.0126
4	Abril	Seco	19832	0.0126
5	Mayo	Húmedo	14166	0.0276
6	Junio	Húmedo	14166	0.0276
7	Julio	Saturado	11805	0.0421
8	Agosto	Saturado	11805	0.0421
9	Septiembre	Saturado	11805	0.0421
10	Octubre	Saturado	11805	0.0421
11	Noviembre	Húmedo	14166	0.0276
12	Diciembre	Húmedo	14166	0.0276
Daño Relativo Ponderado				0.0274
Módulo de Resilencia Ponderado (PSI)				14212

3.7.2 Tráfico utilizado por la estructura

- El TPDA de la carretera en el año 2014 es de 301.0 vpd., al final de la vida útil del camino, el volumen de tráfico del tramo será de 1,552.0 vpd.

- Como producto del desarrollo productivo de la zona de influencia del camino, el tráfico desarrollado, tendrá un impacto bastante importante, alcanzando al final de la vida útil del camino, un volumen de los livianos de pasajeros (jeep y camionetas pick up), representarán un volumen de 283.0 vehículos por día, sin incluir las motos, mientras que los camiones C2 Liv. serán solamente 11.0 vpd y los camiones C2 pesados el 14.0 vpd.

- ⇨ Para el camino en estudio, se requiere la construcción de paradas para el transporte colectivo de pasajeros en trece sitios detectados por los estudios de sube y baja, las cuales serán ubicadas en ambos sentidos.

- ⇨ Los ahorros de tiempos de viajes tanto en vehículos livianos como en vehículos pesados, serán del orden de los 755.20 días/año en los vehículos livianos y de 603.81 día/año en los vehículos pesados, lo que totaliza 1,361.0 días/año.

- ⇨ Para el año fin de proyecto (2033), la carretera San Sebastián de Yalí - Condega, tendrá un TPDA de 1,552.0 vpd. y un nivel de servicio para la sección más ancha de 7.80 m, de NS=C, con una relación volumen – capacidad del 26.53 %, con holgura en su operación.

- ⇨ El camión de mayor circulación por el camino en estudio es el Camión C2, tanto el de menor o igual a cinco toneladas, como el C2 pesado, lo cual se debe a elevada producción pecuaria y sus derivados, así como camiones del tipo C3.

3.7.3 Método de cálculo para el diseño de espesores de pavimento

El método de Diseño utilizado para las alternativas de pavimentos flexibles (Adoquín y mezcla asfáltica en caliente) fue la guía de diseño de espesores de pavimento de la AASHTO 1993. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO, y el buen criterio ingenieril.

Para la alternativa de pavimento rígido (Concreto compactado con rodillo) se utilizó el método de la Portland Cement Asociation, utilizando los parámetros de la PCA y el buen criterio ingenieril.

Ambos métodos toman en cuenta el estudio geotécnico, el cual tiene la finalidad de proporcionar los insumos necesarios, como conocer las características físico-

mecánicas del sub-suelo a lo largo de la ruta, efectuar ensayos de laboratorio (Granulometría, Límites de Atterberg y CBR) y análisis de la información obtenida.

La investigación persiguió también, conocer las características de bancos de materiales, necesarios para la construcción del proyecto.

La exploración de campo se realizó por medio de sondeos manuales hechos cada 100 m, alternadas al centro, izquierda y derecha de la carretera.

Los resultados al detalle del estudio geotécnico referido, el trabajo de campo, métodos de ensayos de laboratorio, como la descripción de los suelos de línea y de bancos de materiales, se presentan en el informe de estudio de Suelos hecho para este proyecto, complementario a este Informe de diseño de espesores de pavimento.

Además, el método toma en cuenta el tráfico, el clima y drenaje en el área del Proyecto.

3.7.4 Aspectos generales del tráfico vehicular a utilizar

Los espesores de pavimento se calcularán para el tráfico proyectado a 20 años, y para fines de costo se plantea el cálculo de un menor espesor, considerando el tráfico proyectado a 15 años.

3.7.5 Procedimiento de cálculo para el diseño de los espesores de pavimento para cada método

3.7.5.1 Pavimento flexible:

Para las alternativas de pavimento con adoquín y MAC, el método de diseño utilizado fue la guía de diseño de espesores de pavimento de la AASHTO 1993 que toma en cuenta el Valor Soporte del Suelo, las condiciones de repetición de carga y ambientales en el área del proyecto.

El procedimiento es aplicable para vías con tránsito superior a 0.05 x 10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas, y la ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, derivada de la información obtenida empíricamente por la AASHO ROAD TEST es:

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3$$

Donde

a_i = Coeficiente estructural de la capa i, el cual depende de la característica del material con que ella se construya.

di = Espesor de la capa i, en pulgadas.

mi = Coeficiente de drenaje de la capa i.

El SN es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación dada de soporte del suelo (M_R), del tránsito total (W_{18}), de la servicialidad terminal, y de las condiciones ambientales

Coeficiente de capas: El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (D_i), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

En el Anexo se presentan gráficos de la guía AASHTO 1993, que permiten estimar el coeficiente estructural de las capas que conforman la estructura de pavimento.

Características de los materiales del pavimento: La caracterización de las diversas capas del pavimento se efectúa a través de sus módulos de elasticidad, obtenidos por ensayos normalizados de laboratorio.

El uso de la subbase en este método requiere del empleo de un coeficiente de capa (a_3) para convertir su espesor en un número estructural (SN), que es el indicativo del espesor total requerido de pavimento.

En relación con la base, esta podrá ser granular o estabilizada y los requisitos de calidad deben ser, superiores a los de subbase. El material estará representado por un coeficiente (a_2) que permite convertir su espesor real a su número estructural.

3.7.5.2 Determinación del Número Estructural (SN):

La ecuación de diseño recomendada por la AASHTO permite la obtención del número estructural, a partir de los siguientes parámetros:

1. Tránsito estimado durante el período de diseño (W_{18})
2. El nivel de confiabilidad (R). Debe recordarse que la aplicación de este nivel implica la utilización de promedios en los datos de entrada.
3. La desviación estándar (S_o).
4. El módulo resiliente de la subrasante (M_R)
5. La pérdida de nivel de servicio durante el período de diseño, $\Delta PSI = P_o - P_t$

3.7.5.3 Ecuación de diseño

La ecuación de diseño para pavimentos flexibles corresponde a la Ecuación (1.2.1) descrita en la página I-5, parte I, de la Guía ASSHTO-93 para el diseño de pavimentos y toma la configuración siguiente:

$$\log_{10} Wt18 = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

En donde:

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

- **Z_R** - 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 Serviceabilidad (Condición de servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la calidad de condición de servicio del pavimento al concluirse su construcción (Serviceabilidad inicial (**p_o**) y su condición de servicio al final del período de diseño (Serviceabilidad final (**p_t**).

Una manera de resolver la ecuación o conocer el Número Estructural (SN), es con el método gráfico o nomograma AASHTO, siguiente:

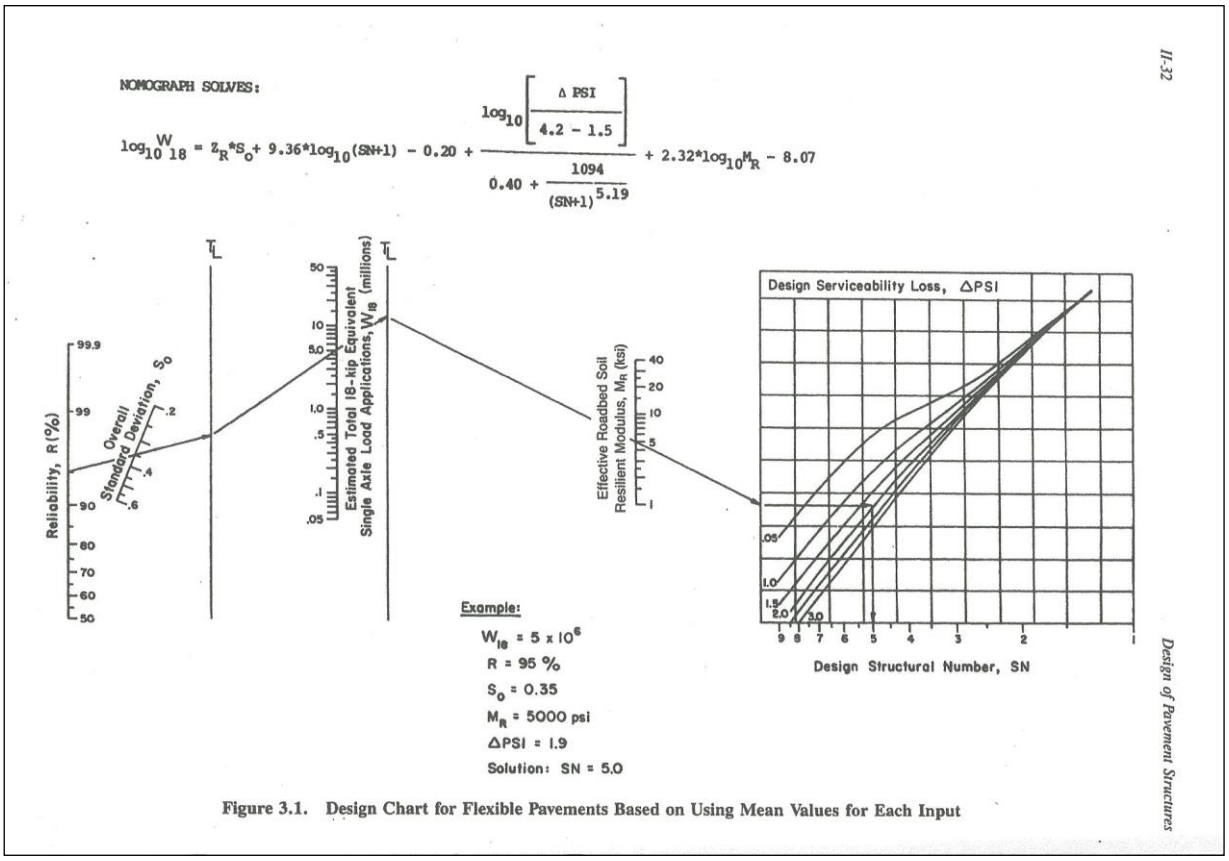


Figure 3.1. Design Chart for Flexible Pavements Based on Using Mean Values for Each Input

3.7.5.4 Pavimento rígido

Para la alternativa de pavimento de concreto compactado con rodillo, el método de diseño utilizado fue la guía de diseño de espesores de pavimento de la Portland Cement Asociaton que toma en cuenta la resistencia a la flexión del concreto (Módulo de Rotura, MR), la capacidad soporte de la subrasante ó de la subbase (k), el período de diseño de la vía, el tránsito del proyecto el factor de seguridad de carga.

Con estos datos de diseño es posible obtener los esfuerzos y deflexiones críticas a las que el concreto está sometido dados por los criterios de fatiga y erosión.

a) Elementos básicos

El procedimiento de diseño desarrollado por PCA, establece varias condiciones, tales como:

- La transferencia de cargas, dependiendo del tipo de pavimento que se considere.
- El uso de hombros de concreto o asfalto adheridos al pavimento, permite reducir los esfuerzos de flexión y deflexiones, producidos por las cargas de los vehículos en los bordes de las losas.
- Para reducir los esfuerzos que se producen al paso de las ruedas sobre las juntas, es necesario el uso de subbases estabilizadas, ya que estas proporcionan superficies de soporte de mejor calidad y resistencia a la erosión a causa de las deflexiones de las losas de pavimento.
- Se adicionan dos criterios básicos en el diseño y son:

i. Fatiga: Esta sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que los pasos de cargas sobre las losas del pavimento producen esfuerzos que se convierten en agrietamientos.

ii. Erosión: Este sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la Subbase ó Subrasante y los materiales que conforman los hombros.

Este criterio es necesario, ya que evita fallas del pavimento, como succión de finos de la capa de apoyo que producen a su vez desnivel entre losas y destrucción de hombros, siendo situaciones independientes de la fatiga.

- Los camiones con ejes tridem se consideran dentro del diseño, a pesar de que los sencillos y los tridem son los más utilizados en las carreteras; los ejes tridem pueden llegar producir más daño por efecto de erosión que por fatiga.

b) Factores de Diseño

3.7.5.5 Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de Rotura, MR)

Este valor se utiliza en el diseño, bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas impuestas por los vehículos pesados, que tienden a producir agrietamiento en el pavimento. La deformación que se produce en el pavimento de concreto por efecto de las cargas, hace que las losas estén sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. La relación existente entre las deformaciones debido a las cargas y los esfuerzos de compresión es muy baja como para incidir en el diseño del espesor de la losa. La relación entre la tensión y la flexión son mayores, situación que afecta el espesor de la losa. De lo anterior se deduce que los esfuerzos y la resistencia a la flexión son factores principales a considerar en el diseño de pavimentos rígidos.

Se recomienda adoptar una resistencia a la flexión del concreto definida por la siguiente formula:

$$S_c = 8\sqrt{f'_c} \quad \text{to} \quad 10\sqrt{f'_c}$$

(Valores en PSI, Ver Página 329, Pavement Analysis and Design 2da Edición, Yang H. Huang).

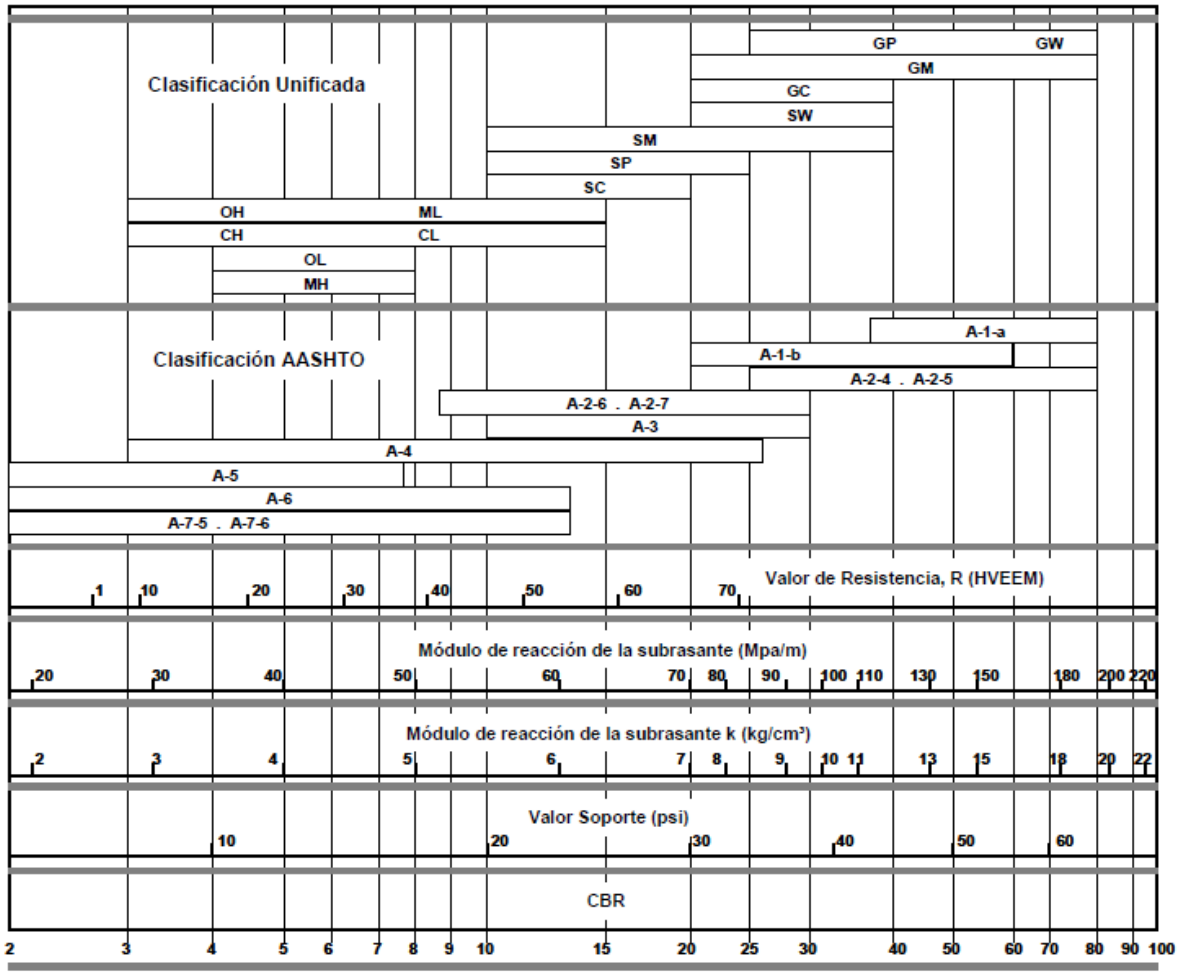
Para el diseño de este proyecto se utilizó un valor promedio de 9 con una resistencia mínima a compresión del concreto de 4,000 PSI.

Sc = 570 psi.

3.7.5.6 Capacidad Soporte de la subrasante o de la subbase (K)

La capacidad soporte, es el valor del Módulo de Reacción (k) de la capa de apoyo de un pavimento de concreto. Este valor se puede estimar por correlación con el CBR ya que no es necesariamente indispensable tener un valor exacto de k, variaciones mayores de este valor no afectan los espesores de diseño.

Figura N° 8 Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Página 70.

Factor de seguridad de carga.

Este método de diseño exige que las cargas reales esperadas se multipliquen por factores de seguridad de carga (Fsc), para lo cual se recomienda lo siguiente:

- Para vías que tiene múltiples carriles, en los cuales se espera un flujo de tráfico interrumpido con un elevado volumen de tránsito pesado, Fsc = 1.2

- Para carreteras y vías urbanas en las que el tránsito esperado es de un volumen moderado de vehículos pesados Fsc = 1.1.
- Para calles residenciales y otras que soporten bajo volumen de tránsito de camiones, Fsc = 1.0.

Además de los factores de seguridad de carga, el método es conservador ya que incluye situaciones de tránsito de camiones muy cargados, variaciones en los materiales, proceso constructivo y espesor de las capas. En algunos casos se podría justificar el empleo de un factor 1.3 con el objeto de mantener un nivel de serviciabilidad mayor durante el período de diseño, por ejemplo: una autopista de tránsito muy alto y sin rutas alternas de desvío.

c) Diseño de Espesores

En la hoja de trabajo HT – 01, que se presenta en las siguientes páginas, se muestra el formato para el desarrollo del diseño y para utilizarlo se necesitan datos de entrada, factores de diseño, etc., tales como:

- Tipo de hombros y juntas
- Resistencia a la flexión del concreto o Módulo de rotura
- Módulo de reacción de la subrasante (k)
- Factor de seguridad de carga (Fsc)
- Distribución de cargas por eje
- Número de repeticiones esperadas de las diversas cargas por eje, en el carril de diseño durante el período de diseño.
- Análisis de fatiga, para controlar el agrietamiento por fatiga
- Análisis de erosión, para control de la erosión en la fundación, los hombros, el bombeo de la subbase y el desnivel entre las losas.

El diseño se lleva a cabo utilizando nomogramas y tablas de diseño como la que se presentan a continuación, sin embargo, el consultor utilizará el programa BS – PCA, para el diseño.

Formato de la Hoja de Trabajo HT – 01
Cálculo de espesores de pavimento

Proyecto:

Espesor de tanteo: mm — Juntas con dovelas SI___NO___

Conjunto subbase-subrasante Mpa/m — Berma de concreto SI___NO___

Módulo de rotura, MR Mpa — Período de diseño_____años

Factor de seguridad

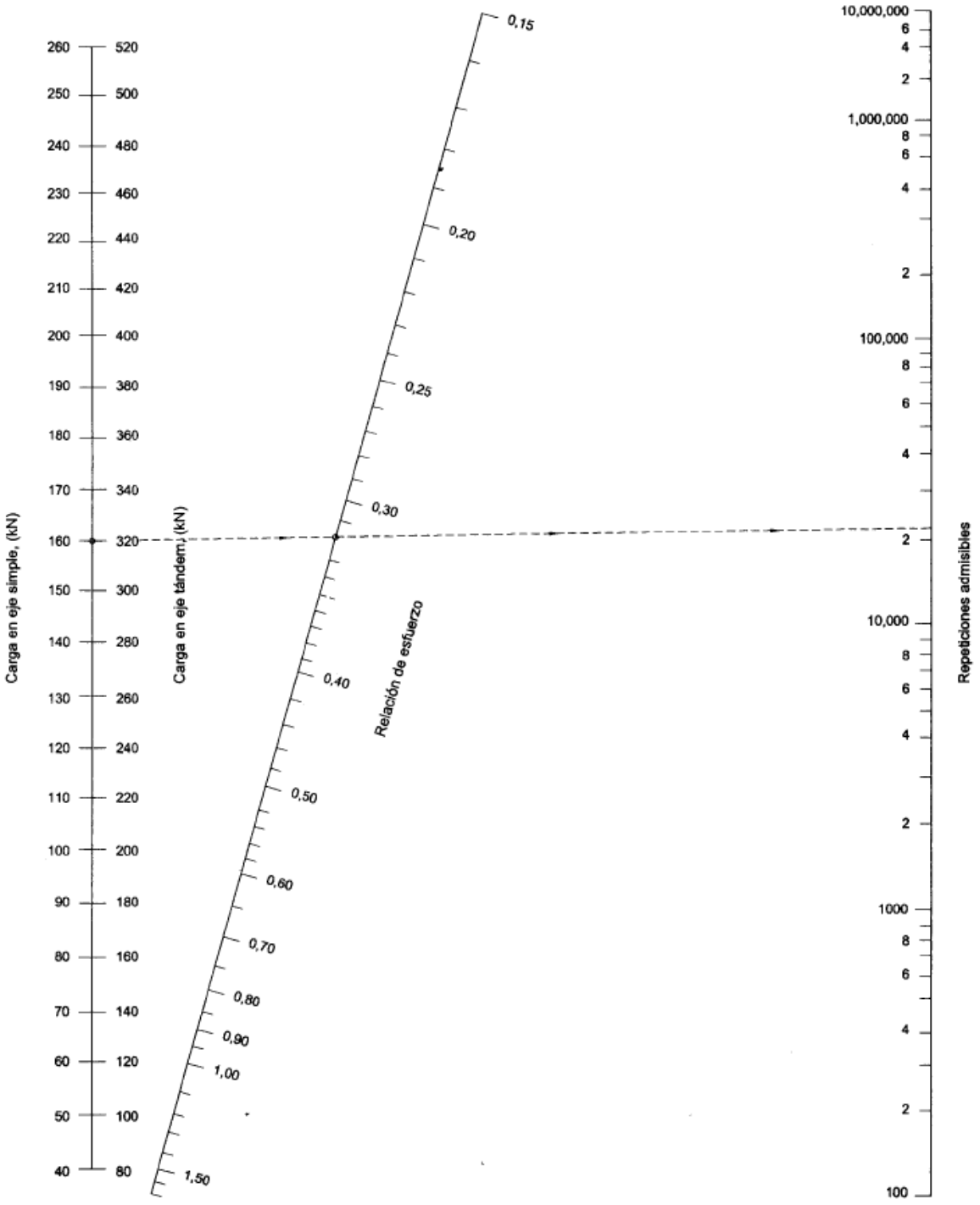
Carga por eje, kN	Carga por FSC, kn	Repeticiones Esperadas	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño
1	2	3	4	5	6	7

Ejes sencillos — 8 Esfuerzo equivalente — 9 Relación de esfuerzos — 10 Factor de erosión

Eje Tándem — 11 Esfuerzo equivalente — 12 Relación de esfuerzos — 13 Factor de erosión

			Total		Total	

Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto



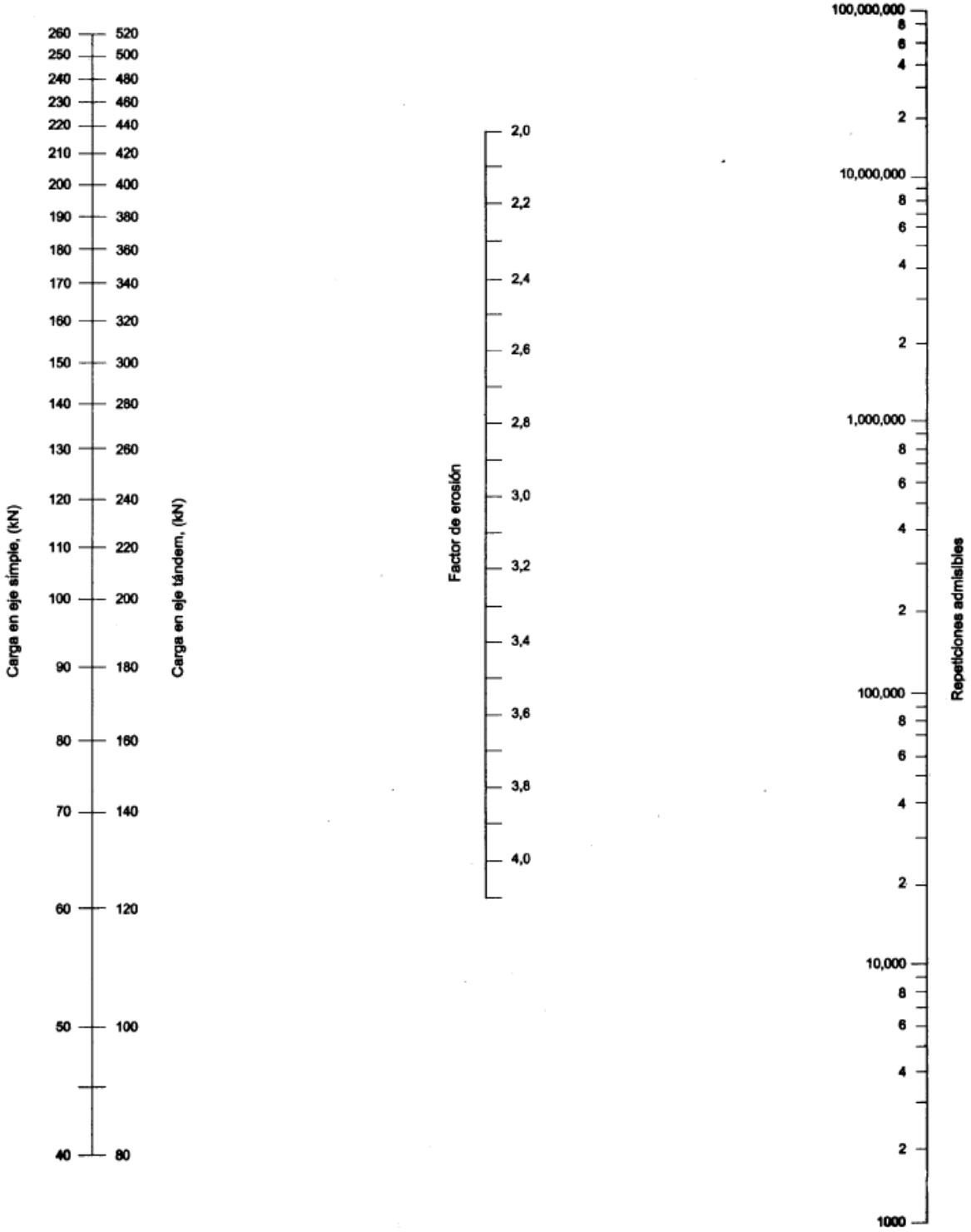
Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico (eje sencillo)

Eje sencillo						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42	4.75	4.38	4.13	3.66	3.45
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.23	3.06
120	4.19	3.69	3.41	3.23	2.88	2.73
130	3.75	3.30	3.06	2.89	2.59	2.46
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.34	2.23
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.13	2.03
160	2.79	2.47	2.29	2.17	1.95	1.86
170	2.56	2.26	2.10	1.99	1.80	1.71
180	2.37	2.09	1.94	1.84	1.66	1.58
190	2.19	1.94	1.80	1.71	1.54	1.47
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.43	1.37
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.34	1.28
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.26	1.20
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.18	1.13
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.11	1.03
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.05	1.00
260	1.41	1.25	1.16	1.10	0.99	0.95
270	1.34	1.18	1.10	1.04	0.94	0.90
280	1.28	1.12	1.04	0.99	0.89	0.86
290	1.22	1.07	0.99	0.94	0.85	0.81
300	1.16	1.02	0.95	0.90	0.81	0.78
310	1.11	0.97	0.90	0.86	0.77	0.74
320	1.06	0.93	0.86	0.82	0.74	0.71
330	1.02	0.89	0.83	0.78	0.71	0.68
340	0.98	0.85	0.79	0.75	0.68	0.65
350	0.94	0.82	0.76	0.72	0.65	0.62

Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulicos (eje tándem)

Eje Tándem						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	4.39	3.83	3.59	3.44	3.22	3.15
110	3.88	3.35	3.12	2.97	2.76	2.68
120	3.47	2.98	2.75	2.62	2.40	2.33
130	3.14	2.68	2.46	2.33	2.13	2.05
140	2.87	2.43	2.23	2.10	1.90	1.83
150	2.64	2.23	2.04	1.92	1.72	1.65
160	2.45	2.03	1.87	1.76	1.57	1.50
170	2.28	1.91	1.74	1.63	1.45	1.38
180	2.14	1.79	1.62	1.51	1.34	1.27
190	2.01	1.67	1.51	1.41	1.25	1.18
200	1.90	1.58	1.42	1.33	1.17	1.11
210	1.79	1.49	1.34	1.25	1.10	1.04
220	1.70	1.41	1.27	1.18	1.03	0.98
230	1.62	1.34	1.21	1.12	0.98	0.92
240	1.55	1.28	1.15	1.06	0.93	0.87
250	1.48	1.22	1.09	1.01	0.88	0.83
260	1.41	1.17	1.05	0.97	0.84	0.79
270	1.36	1.12	1.00	0.93	0.80	0.75
280	1.30	1.07	0.96	0.89	0.77	0.72
290	1.25	1.03	0.92	0.85	0.74	0.69
300	1.21	0.99	0.89	0.82	0.71	0.66
310	1.16	0.96	0.86	0.79	0.68	0.64
320	1.12	0.92	0.83	0.76	0.66	0.62
330	1.09	0.89	0.80	0.74	0.63	0.59
340	1.05	0.86	0.77	0.71	0.61	0.57
350	1.02	0.84	0.75	0.69	0.59	0.55

Análisis de erosión, sin hombros de concreto. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico



Factor de erosión para ejes sencillos. Pavimentos de concreto hidráulico sin dovelas y sin hombros de concreto hidráulico

Eje sencillo						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.94	3.92	3.90	3.88	3.84	3.80
110	3.82	3.79	3.78	3.76	3.72	3.69
120	3.71	3.68	3.67	3.65	3.62	3.59
130	3.61	3.58	3.56	3.55	3.52	3.50
140	3.52	3.49	3.47	3.46	3.43	3.41
150	3.43	3.40	3.38	3.37	3.34	3.32
160	3.35	3.32	3.30	3.29	3.26	3.24
170	3.28	3.24	3.22	3.21	3.18	3.17
180	3.21	3.17	3.15	3.14	3.11	3.10
190	3.15	3.11	3.08	3.07	3.04	3.03
200	3.09	3.04	3.02	3.01	2.98	2.96
210	3.04	2.99	2.96	2.95	2.92	2.90
220	2.98	2.93	2.90	2.89	2.86	2.85
230	2.93	2.88	2.85	2.83	2.80	2.79
240	2.89	2.83	2.80	2.78	2.75	2.74
250	2.84	2.78	2.75	2.73	2.70	2.69
260	2.80	2.73	2.70	2.69	2.65	2.64
270	2.76	2.69	2.66	2.64	2.61	2.59
280	2.72	2.65	2.62	2.60	2.56	2.55
290	2.68	2.61	2.58	2.56	2.52	2.50
300	2.65	2.57	2.54	2.52	2.48	2.46
310	2.61	2.54	2.50	2.48	2.44	2.42
320	2.58	2.50	2.47	2.44	2.40	2.38
330	2.55	2.47	2.43	2.41	2.36	2.35
340	2.52	2.44	2.40	2.37	2.33	2.31
350	2.49	2.41	2.37	2.34	2.29	2.28

Factor de erosión para ejes tándem. Pavimentos de concreto hidráulico sin dovelas y sin hombros de concreto hidráulico

Eje tándem						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	4.00	3.93	3.90	3.88	3.84	3.82
110	3.90	3.82	3.79	3.76	3.72	3.70
120	3.81	3.73	3.69	3.66	3.62	3.59
130	3.73	3.65	3.60	3.57	3.52	3.49
140	3.66	3.57	3.52	3.49	3.43	3.41
150	3.59	3.50	3.45	3.42	3.36	3.33
160	3.53	3.42	3.38	3.35	3.28	3.26
170	3.48	3.37	3.32	3.28	3.22	3.19
180	3.42	3.32	3.26	3.23	3.16	3.13
190	3.37	3.27	3.21	3.17	3.10	3.07
200	3.33	3.22	3.16	3.12	3.05	3.01
210	3.28	3.17	3.11	3.07	3.00	2.96
220	3.24	3.13	3.07	3.03	2.95	2.92
230	3.20	3.09	3.03	2.98	2.91	2.87
240	3.16	3.05	2.99	2.94	2.86	2.83
250	3.13	3.01	2.95	2.91	2.82	2.79
260	3.09	2.98	2.91	2.87	2.79	2.75
270	3.06	2.94	2.88	2.83	2.75	2.71
280	3.03	2.91	2.84	2.80	2.71	2.68
290	3.00	2.88	2.81	2.77	2.68	2.64
300	2.97	2.85	2.78	2.74	2.65	2.61
310	2.94	2.82	2.75	2.71	2.62	2.58
320	2.91	2.79	2.72	2.68	2.59	2.55
330	2.89	2.77	2.70	2.65	2.56	2.52
340	2.86	2.74	2.67	2.62	2.53	2.49
350	2.84	2.71	2.65	2.60	2.51	2.47

3.7.5.7 CBR de diseño

Del análisis presentado en el acápite 5.3 el CBR promedio de diseño es de 16.7% que correlacionado con el Modulo Resiliente y al daño relativo alcanza el valor de 14212 PSI.

3.7.5.8 Tráfico

Del volumen de tráfico proyectado a 15 y 20 años, se obtiene el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, que es un parámetro importante para obtener los espesores del pavimento.

El número de ejes equivalentes fue determinado en base al conteo de tránsito efectuado, para este proyecto. De igual forma se contabiliza la cantidad de aplicaciones para cada tipo de vehículo (tránsito de diseño).

Cuadro N° 43. ESAL"s para diferentes tipos de vehículos

Flexible a 15 años

Tipo de Vehículo	Cantidad vehículos DIARIOS	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	Factor de daño	ESAL's de diseño
Motos	51	23.61	439,460	0	0
Autos	20	22.90	167,170	0.0004	33.434
Jeep	17	38.94	241,630	0.004	483
Camioneta	71	39.68	1028,205	0.0022	1131
Microbús < 15 Pasaj.	3	24.00	26,280	0.013	171
Microbús > 15 Pasaj.	1	9.00	3,285	0.101	166
Bus	9	24.33	79,935	0.39	15587
Liv. 2 a 5 Ton.	29	34.24	362,445	0.1415	25643
C2	27	35.07	345,655	1.65	285165

Flexible a 15 años

Tipo de Vehículo	Cantidad vehículos DIARIOS	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	Factor de daño	ESAL's de diseño
C3	11	31.73	127,385	1.5195	96781
Tx – Sx > = 5e	1	10.00	3,650	2.5128	4586
V. A	1	23.00	8,395	0.603	2531
V.C	1	29.00	10,585	0.603	3191
Otros	5	21.40	39,055	0.603	11775
Total de Vehiculos	247	ESAL's De diseño			447,244

Rígido a 15 años

TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD VEHICULOS DIARIOS	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRANSITO DE DISEÑO	FACTOR DE DAÑO	ESAL's DE DISEÑO
Motos	51	23.61	439,460	0	0
Autos	20	22.90	167,170	0.0004	33.434
Jeep	17	38.94	241,630	0.004	483
Camioneta	71	39.68	1028,205	0.0022	1131
Microbús < 15 Pasaj.	3	24.00	26,280	0.013	171
Microbús > 15 Pasaj.	1	9.00	3,285	0.098	161
Bus	9	24.33	79,935	0.388	15507
Liv. 2 a 5 Ton.	29	34.24	362,445	0.1385	25099
C2	27	35.07	345,655	1.637	282919
C3	11	31.73	127,385	2.5565	162830
Tx – Sx > = 5e	1	10.00	3,650	4.2265	7713
V. A	1	23.00	8,395	0.593	2489
V.C	1	29.00	10,585	0.593	3138
Otros	5	21.40	39,055	0.593	11580
Total de Vehículos	247	ESAL's De diseño			513,255

Cuadro N° 44. Repeticiones esperadas diseño de pavimento rígido PCA, horizonte de diseño 15 años

Clasificación	Tipo de Eje	Ubicación	Peso de Eje	Repeticiones Esperadas
Autos	Sencillo	Delantera	2000	167,170
Autos	Sencillo	Trasera	2000	167,170
Camioneta	Sencillo	Delantera	2000	1028,205
			Total Eje Sencillo 2000 lb =	**1362,545**
Jeep	Sencillo	Delantera	4000	241,630
Jeep	Sencillo	Trasera	4000	241,630
Camioneta	Sencillo	Trasera	4000	1028,205
Microbús < 15 Pasaj.	Sencillo	Delantera	4000	26,280
Liv. 2 a 5 Ton.	Sencillo	Delantera	4000	362,445
			Total Eje Sencillo 4000 lb =	**1900,190**
Microbús < 15 Pasaj.	Sencillo	Trasera	6000	26,280
Microbús > 15 Pasaj.	Sencillo	Delantera	6000	3,285
			Total Eje Sencillo 6000 lb =	**29,565**
Bus	Sencillo	Delantera	8000	79,935
			Total Eje Sencillo 8000 lb =	**79,935**
Microbús > 15 Pasaj.	Sencillo	Trasera	10000	3,285
C2	Sencillo	Delantera	10000	345,655
			Total Eje Sencillo 10000 lb =	**348,940**
Liv. 2 a 5 Ton.	Sencillo	Trasera	11000	362,445
C3	Sencillo	Delantera	11000	127,385
Tx – Sx > = 5e	Sencillo	Delantera	11000	3,650
			Total Eje Sencillo 11000 lb =	**493,480**
Bus	Sencillo	Trasera	14000	79,935
			Total Eje Sencillo 14000 lb =	**79,935**
C2	Sencillo	Trasera	20000	345,655
			Total Eje Sencillo 20000 lb =	**345,655**
C3	Tandem	Trasera	36000	127,385
Tx – Sx > = 5e	Tandem	Media	36000	3,650
Tx – Sx > = 5e	Tandem	Trasera	36000	3,650
			Total Eje Tandem 36000 lb =	**134,685**

Cuadro N° 45. Flexible a 20 años

Tipo de Vehículo	Cantidad vehículos Diarios	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	Factor de daño	ESAL's de diseño
Motos	51	38.47	716,130	0	0
Autos	20	37.30	272,290	0.0004	54.458
Jeep	17	66.12	410,260	0.004	821
Camioneta	71	67.39	1746,525	0.0022	1921
Microbús < 15 Pasaj.	3	39.33	43,070	0.013	280
Microbús > 15 Pasaj.	1	14.00	5,110	0.101	258
Bus	9	39.67	130,305	0.39	25409
Liv. 2 a 5 Ton.	29	66.31	701,895	0.1415	49659
C2	27	67.22	662,475	1.65	546542
C3	11	61.18	245,645	1.5195	186629
Tx – Sx > = 5e	1	19.00	6,935	2.5128	8713
V. A	1	44.00	16,060	0.603	4842
V.C	1	56.00	20,440	0.603	6163
Otros	5	34.80	63,510	0.603	19148
Total de Vehículos	247	ESAL's De diseño			850,440

Rígido a 20 años

Tipo de Vehículo	Cantidad vehículos Diarios	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	Factor de daño	ESAL's de diseño
Motos	51	38.47	716,130	0	0
Autos	20	37.30	272,290	0.0004	54.458
Jeep	17	66.12	410,260	0.004	821
Camioneta	71	67.39	1746,525	0.0022	1921
Microbús < 15 Pasaj.	3	39.33	43,070	0.013	280

Rígido a 20 años

Tipo de Vehículo	Cantidad vehículos Diarios	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	Factor de daño	ESAL's de diseño
Microbús > 15 Pasaj.	1	14.00	5,110	0.098	250
Bus	9	39.67	130,305	0.388	25279
Liv. 2 a 5 Ton.	29	66.31	701,895	0.1385	48606
C2	27	67.22	662,475	1.637	542236
C3	11	61.18	245,645	2.5565	313996
Tx – Sx > = 5e	1	19.00	6,935	4.2265	14655
V. A	1	44.00	16,060	0.593	4762
V.C	1	56.00	20,440	0.593	6060
Otros	5	34.80	63,510	0.593	18831
Total de Vehículos	247	ESAL's De diseño			**977,752**

Cuadro N° 46. Repeticiones esperadas diseño de pavimento rígido PCA, horizonte de diseño 20 años

Clasificación	Tipo de Eje	Ubicación	Peso de Eje	Repeticiones Esperadas
Autos	Sencillo	Delantera	2000	272,290
Autos	Sencillo	Trasera	2000	272,290
Camioneta	Sencillo	Delantera	2000	1746,525
	Total Eje Sencillo 2000 lb =			2291,105
Jeep	Sencillo	Delantera	4000	410,260
Jeep	Sencillo	Trasera	4000	410,260
Camioneta	Sencillo	Trasera	4000	1746,525
Microbús < 15 Pasaj.	Sencillo	Delantera	4000	43,070
Liv. 2 a 5 Ton.	Sencillo	Delantera	4000	701,895
	Total Eje Sencillo 4000 lb =			3312,010

Cuadro N° 46. Repeticiones esperadas diseño de pavimento rígido PCA, horizonte de diseño 20 años (continuación)

Microbús < 15 Pasaj.	Sencillo	Trasera	6000	43,070
Microbús > 15 Pasaj.	Sencillo	Delantera	6000	5,110
	Total Eje Sencillo 6000 lb =			48,180
Bus	Sencillo	Delantera	8000	130,305
	Total Eje Sencillo 8000 lb =			130,305
Microbús > 15 Pasaj.	Sencillo	Trasera	10000	5,110
C2	Sencillo	Delantera	10000	662,475
	Total Eje Sencillo 10000 lb =			667,585
Liv. 2 a 5 Ton.	Sencillo	Trasera	11000	701,895
C3	Sencillo	Delantera	11000	245,645
Tx – Sx > = 5e	Sencillo	Delantera	11000	6,935
	Total Eje Sencillo 11000 lb =			954,475
Bus	Sencillo	Trasera	14000	130,305
	Total Eje Sencillo 14000 lb =			130,305
C2	Sencillo	Trasera	20000	662,475
	Total Eje Sencillo 20000 lb =			662,475
C3	Tandem	Trasera	36000	245,645
Tx – Sx > = 5e	Tandem	Media	36000	6,935
Tx – Sx > = 5e	Tandem	Trasera	36000	6,935
	Total Eje Tandem 36000 lb =			259,515

Nota: Los vehículos T2S2, T3S2 y T3S3 fueron caracterizado en el estudio de tráfico como TxSx, por tal razón el Consultor promedio los factores de daños de estos tres vehículos para aplicarlos al conteo obtenido en el estudio de tráfico.

3.8 ALTERNATIVAS DE PROPUESTAS

En principio se considera para los tramos San Sebastián de Yalí – Condega y Empalme La Laguna – La Laguna, tres tipos de alternativas de rodamiento: una con rodamiento de adoquín (Alternativa “A”), otra aplicando un rodamiento con mezcla asfáltica en caliente (Alternativa “B”) y la tercera aplicando un rodamiento de concreto compactado con rodillo (Alternativa “C”).

Estas combinaciones diferenciadas de espesores de pavimento se presentan para los dos períodos o Años de Vida Útil de Diseño analizados, es decir, para 15 y 20 años.

Cuadro N° 47. Espesores de pavimento

Datos de diseño del pavimento						
Tramo			San Sebastián de Yali – Condega, Empalme La Laguna – La Laguna		Especificación	
			Pavimento Flexible (Adoquín y M.A.C)	Pavimento Rígido (C.C.R)	P.C.A	AASHTO
1	Índice de Confianza (%)		70.0	-	-	75 - 95
2	Índice de Servicio Inicial, Po		4.2	-	-	4.2 - 4.4
3	Índice de Servicio Final, Pt		2.0	-	-	2.0 - 2.5
4	Índice de Servicio de Diseño		2.2	-	-	Pt - Po
5	Coeficiente de Drenaje		Variado	-	-	1.0
6	Desviación Estándar		0.45	-	-	0.40 - 0.50
7	Módulo de Rotura del Concreto (PSI)		-	570	-	-
8	Factor de Seguridad de Carga		-	1.1	1.0 - 1.2	-
9	Módulo de Reacción de Sub-Base, k (PSI/Pulg)		-	732	-	-
10	C.B.R Promedio (%)		16.7		-	-
11	Módulo de Resiliencia de Diseño (PSI)		14,212		-	-
12	Periodo de Diseño (Años)		15, 20		-	-
13	Número de Ejes Equivalentes (ESAL), pavimento flexibles	15	447,244		-	-
		20	850,440		-	-

Con los datos anteriores se determinó, utilizando la ecuación y/o nomograma presentados en este Informe, el Número Estructural (SN) o espesor de losa requerido:

Tramo San Sebastián de Yalí – Condega, Empalme La Laguna – La Laguna Cálculo de los SN de diseño y Espesores de Losa.

Diseño de espesor de losa, alternativa concreto compactado con rodillo, 15 años

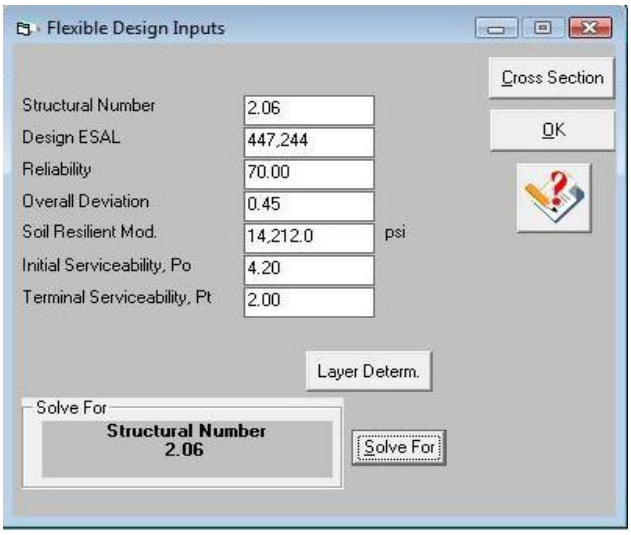
```
DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

  Datos :
              Resistencia K del Apoyo : 732 PCI (lb/pulg3)
                         Espesor Losa : 6.75 pulgadas
                    Modulo de Rotura : 570 PSI (lb/pulg2)
                               Bermas : NO
                            Pasadores : NO
           Factor de Seguridad Cargas : 1.1
    Factor de Mayoración Repeticiones :  1

  Resultados :

            Carga  Repeticiones   Repeticiones Consumo   Repeticiones Consumo
    Carga      FS     Esperadas Admisib_Fatiga  Fatiga Admisi_Erosion Erosion
     KIPS      kN                                    %                      %

  EJES SIMPLES

  Esfuerzo Equivalente: 1.7  Factor Esfuerzo: 0.4306  Factor Erosion: 3.1599

     2.00    9.78     1,362,545            Inf    0.00            Inf    0.00
     4.00   19.56     1,900,190            Inf    0.00            Inf    0.00
     6.00   29.34        29,565            Inf    0.00            Inf    0.00
     8.00   39.12        79,935            Inf    0.00            Inf    0.00
    10.00   48.90       348,940            Inf    0.00     94,780,721    0.37
    11.00   53.79       493,480            Inf    0.00     34,238,233    1.44
    14.00   68.46        79,935            Inf    0.00      5,338,644    1.50
    20.00   97.79       345,655        360,742   95.82        609,190   56.74

  EJES TANDEM

  Esfuerzo Equivalente: 1.4  Factor Esfuerzo: 0.3473  Factor Erosion: 3.1813

    36.00  176.03       134,685            Inf    0.00      1,005,626   13.39

  EJES TRIDEM

  Esfuerzo Equivalente: 1.1  Factor Esfuerzo: 0.2789  Factor Erosion: 3.1827

                                          -------                 -------
                                   Total :   95.82                   73.44
```

Diseño de espesor de losa, alternativa concreto compactado con rodillo

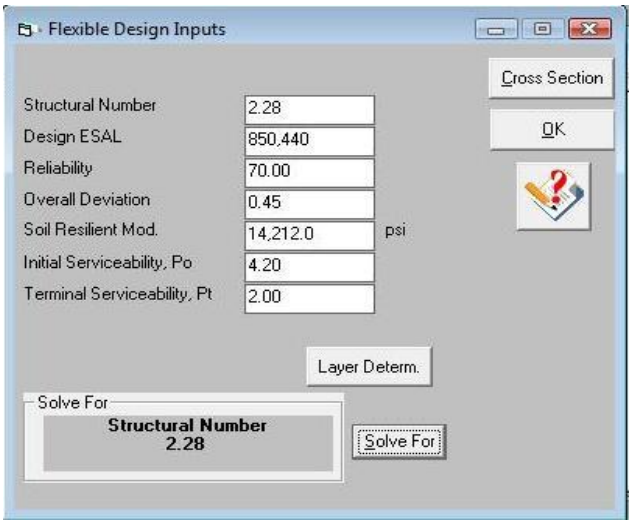
20 años

```
DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

  Datos :
              Resistencia K del Apoyo : 732 PCI (lb/pulg3)
                         Espesor Losa : 7.25 pulgadas
                    Modulo de Rotura : 570 PSI (lb/pulg2)
                              Bermas : NO
                           Pasadores : NO
           Factor de Seguridad Cargas : 1.1
    Factor de Mayoración Repeticiones :  1

  Resultados :

            Carga  Repeticiones   Repeticiones Consumo   Repeticiones Consumo
   Carga      FS     Esperadas Admisib_Fatiga  Fatiga Admisi_Erosion Erosion
    KIPS      kN                                    %                      %

  EJES SIMPLES

  Esfuerzo Equivalente: 1.5  Factor Esfuerzo: 0.3907  Factor Erosion: 3.0710

     2.00    9.78     2,291,105            Inf    0.00            Inf    0.00
     4.00   19.56     3,312,010            Inf    0.00            Inf    0.00
     6.00   29.34        48,180            Inf    0.00            Inf    0.00
     8.00   39.12       130,305            Inf    0.00            Inf    0.00
    10.00   48.90       667,585            Inf    0.00    534,359,592    0.12
    11.00   53.79       954,475            Inf    0.00    103,643,124    0.92
    14.00   68.46       130,305            Inf    0.00     10,936,952    1.19
    20.00   97.79       662,475      5,621,622   11.78      1,102,873   60.07

  EJES TANDEM

  Esfuerzo Equivalente: 1.2  Factor Esfuerzo: 0.3139  Factor Erosion: 3.1051

    36.00  176.03       259,515            Inf    0.00      1,708,091   15.19

  EJES TRIDEM

  Esfuerzo Equivalente: 1.0  Factor Esfuerzo: 0.2477  Factor Erosion: 3.1193


                                          -------                 -------
                                   Total :   11.78                   77.50
```

Número Estructural para 15 años



Número Estructural para 20 años



Para satisfacer el Número Estructural (SN) requerido, o elemento izquierdo de la ecuación $\mathbf{SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3}$, se debe dar valor numérico a la parte derecha de la ecuación, de manera tal, que el valor resultante sea igual o mayor al SN requerido.

Los valores de los coeficientes estructurales de las capas de Rodamiento (a_1), base (a_2) y Sub-base (a_3) son los siguientes:

En base a las características y propiedades de los materiales a emplear en la estructura de pavimento del proyecto se presenta en la siguiente tabla los coeficientes estructurales y de drenaje definidos para cada tipo de material.

Cuadro N° 48. Coeficientes estructurales

Tipo de Material	Coeficiente Estructural (ai)	Coeficiente de Drenaje (mi)
Adoquín Tipo Trafico	0.45	1.00
Concreto Asfáltico	0.42	1.00
Base Triturada al 100% Próctor Modificado	0.14	1.00
Capa Superficial Existente	0.09	0.90
Capa Superficial Existente Estabilizada	0.13	0.90

Los resultados de Espesores del Pavimento para cada tramo son los siguientes:

Tabla resumen de espesores de pavimento para tramo San Sebastián de Yalí – Condega, Empalme La Laguna – La Laguna:

La sustitución de los datos de diseño en la ecuación AASHTO -93 permite obtener el Numero Estructural requerido por el Proyecto que alcanza el valor de SN=2.06 y SN=2.28 para 15 y 20 años respectivamente. Es obvio que este valor requerido se puede resolver de diferentes formas o alternativas de materiales y espesores que juntos satisfagan dicho valor, en nuestro caso presentamos dos alternativas de solución para cada periodo de análisis indicado.

Cuadro N° 49. Resumen de espesores de pavimento
Alternativa nº. 1 de espesores de pavimento 15 años.

Capa de Material	Espesor (cm)	Módulo Resiliente (M_R) PSI	Numero Estructural (SN)
Concreto Asfáltico	5.0	400,000	0.83
Base de Agregados Triturados	15	30,000	0.83
Material Superficial Existente	15	11,500	0.48
Número Estructural Total			2.13

Cuadro N° 50. Resumen de espesores de pavimento
Alternativa nº. 2 de espesores de pavimento a 15 años.

Capa de Material	Espesor (cm)	Módulo Resiliente (M_R) PSI	Numero Estructural (SN)
Adoquines de Concreto	10	450,000	1.77
Arena de Colchón	05	--	--
Material Superficial Existente	10	11,500	0.32
Número Estructural Total			2.09

Cuadro N° 51. Resumen de espesores de pavimento

Alternativa nº. 1 de espesores de pavimento 20 años.

Capa de Material	Espesor (cm)	Módulo Resiliente (M_R) PSI	Numero Estructural (SN)
Concreto Asfáltico	5.0	400,000	0.83
Base de Agregados Triturados	15	30,000	0.83
Material Superficial Existente Estabilizado	14	544,000	0.64
		Número Estructural Total	2.30

Cuadro N° 52. Resumen de espesores de pavimento

Alternativa Nº. 2 de Espesores de Pavimento a 20 años.

Capa de Material	Espesor (cm)	Módulo Resiliente (M_R) PSI	Numero Estructural (SN)
Adoquines de Concreto	10	450,000	1.77
Arena de Colchón	05	--	--
Material Superficial Existente Estabilizado	12	544,000	0.55
		Número Estructural Total	2.33

CAPITULO 4. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL PROYECTO

Para la realización del proyecto se contempla una inversión total que está conformada por los costos de construcción directos de la carretera, los costos de supervisión y los costos de formulación del proyecto.

4.1. INVERSIÓN EN EL PROYECTO

Dependiendo de la naturaleza de los proyectos, varían los tipos de inversión y los rubros o áreas de la misma. Las inversiones a realizar para la ejecución del proyecto, pueden dividirse en áreas tales como: inversión fija y en activos diferidos.

La infraestructura del proyecto es la referida a la construcción de las calles o carreteras por medio de contratistas o empresas constructoras con experiencia en esta área.

4.1.1. Costos de inversión fija del proyecto

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los costos financieros de las obras de construcción, supervisión y formulación de las tres alternativas evaluadas.

Inversión total: La inversión total contempla los montos de construcción, supervisión y mitigación ambiental del proyecto.

Cuadro N° 53. Inversión de activo fijo

Descripción	Adoquín	Asfalto	Concreto
Preliminares	6481,140.00	6481,140.00	2250,000.00
Movimiento de tierra	54291,878.64	53797,241.28	49818,978.23
Estructura de pavimento	178200,354.54	315091,151.43	368832,215.24
Drenaje menor	28779,854.79	27304,360.62	26170,672.95
Drenaje Mayor (Cajas de concreto reforzado)	12144,385.60	11532,401.81	12064,032.81
Drenaje Mayor (Puentes)	48132,182.64	43273,629.96	41875,750.08
Miscelaneos	66326,135.15	59688,291.30	56608,205.39
Señalización	10056,024.26	9182,993.12	8840,493.53
Total costos directos	404411,955.62	526351,209.52	566460,348.23
Costos indirectos	48116,898.65	50295,552.24	37915,167.40
Total Directos + Indirectos	452528,854.27	576646,761.76	604375,515.63
Utilidad (8%)	36202308.34	46131740.94	48350041.25
Sub total	488731,162.61	622778,502.70	652725,556.88
Impuesto municipal (1%)	4887311.626	6227785.027	6527255.569
IVA (15%)	73309674.39	93416775.41	97908833.53
Total	566,928,148.63	722,423,063.13	757,161,645.98

Fuente: MTI

4.1.2.- Costos en inversión diferida del proyecto

Son los referidos a la formulación y supervisión del proyecto. Se expresan como un porcentaje del costo total.

Cuadro N° 54. Inversión en activos diferidos

Descripción	Porcentaje (%)	Monto ($)		
		Adoquín	Asfalto	Concreto
Formulación del Proyecto	3.00%	17007,844.46	21672,691.89	22714,849.38
Supervisión del Proyecto	3.50%	19842,485.20	25284,807.21	26500,657.61
Total		36,850,329.66	46,957,499.10	49,215,506.99

Fuente: propia

4.1.3. Inversión total en el proyecto

Los montos de inversión total se obtienen considerando la suma de inversión en activo fijo y en activo diferido

Cuadro N° 55. Inversión total

Descripción	Monto ($)		
	Adoquín	Asfalto	Concreto
Activos fijos	566,928,148.63	722,423,063.13	757,161,645.98
Activos diferidos	36,850,329.66	46,957,499.10	49,215,506.99
Total	603,778,478.29	769,380,562.24	806,377,152.97

Fuente: propia

4.2.- COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación del proyecto están referidos a los costos de mantenimiento que llevará consigo la puesta en funcionamiento de la obra una vez que se encuentre culminada y en funcionamiento.

En el caso de la vialización de las calles, es necesario a partir del segundo año y que se proporcione mantenimiento.

4.2.1.- Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento para el proyecto fueron calculados tomando en cuenta las actividades que deben ser realizadas anualmente y que se denomina como mantenimiento rutinario y las que se realizan de forma periódica llamado el mantenimiento periódico.

Las actividades que se deben realizar por tipo de mantenimiento son las siguientes:

- **Mantenimiento rutinario**: Este corresponde fundamentalmente a la limpieza de alcantarillas, cajas, cunetas y derecho de vía y bacheo de la superficie de rodamiento, siendo su ejecución de manera anual.

- **Mantenimiento periódico**: Este mantenimiento corresponde a: puentes, limpieza de cauces de puentes, bacheo superficial y profundo, nivelación y conformación, tratamiento superficial, revestimiento asfáltico.

En los anexos se presentan los costos de mantenimiento financiero y económico sin y con proyecto para las tres alternativas.

Cuadro Nº 56 Costo marginal de mantenimiento (precios socio económicos)

Año	Adoquín	Asfalto	Concreto
2022	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2023	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2024	21,213,043.48	12,330,434.78	11,343,478.26
2025	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2026	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2027	21,213,043.48	12,330,434.78	11,343,478.26
2028	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2029	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2030	21,213,043.48	12,330,434.78	11,343,478.26
2031	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2032	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2033	21,213,043.48	12,330,434.78	11,343,478.26
2034	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2035	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2036	21,213,043.48	12,330,434.78	11,343,478.26
2037	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2038	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2039	21,213,043.48	12,330,434.78	11,343,478.26
2040	585,652.17	526,488.31	388,260.87
2041	585,652.17	526,488.31	388,260.87

Fuente: elaboración propia

4.3.- BENEFICIOS DEL PROYECTO

Los beneficios del proyecto son los que se obtienen de la comparación de la “situación sin proyecto” con la “situación con proyecto” lo que se conoce como beneficio marginal.

4.3.1. Beneficio marginal en la producción

Es el resultado de comparar los costos y beneficios del sector agrícola y pecuario en la zona de influencia del proyecto.

4.3.1.1. Situación sin proyecto.

Parámetros de producción agrícola sin proyecto

En la situación sin proyecto se tienen los siguientes indicadores de producción, ingresos y costos por unidades producidas del sector agrícola.

Cuadro N° 57. Valores de producción sin proyecto
(Análisis financiero)

Cultivos	Costos C$/ha	Rendimiento tm/ha	Precio C$/tm
Maíz	3,480.80	1.61	8,800.00
Fríjol	4,462.50	0.84	13,200.00
Café	32,102.70	0,96-0,98	60,000.00
Papas	14,062.13	2.58	8,818.00

Fuente: Elaboración propia en base a información siniestrada por los productores encuestados

Beneficio neto agrícola sin proyecto.

Se obtiene al calcular los costos de la producción y el ingreso de la producción en la situación sin proyecto. Los flujos de ingresos de producción y costos de producción por rubro se pueden ver en anexos.

Cuadro N° 58. Beneficio neto agrícola sin proyecto

Año	Ingresos	Costos	Beneficios
2022	256990,747.44	136878,298.38	120112,449.06
2023	259672,374.91	137051,576.82	122620,798.10
2024	262358,474.66	137226,588.04	125131,886.62
2025	265049,091.41	137403,349.37	127645,742.04
2026	265509,870.32	137581,878.32	127927,992.01
2027	265975,257.03	137762,192.55	128213,064.48
2028	266445,297.60	137944,309.93	128500,987.67
2029	266920,038.57	138128,248.48	128791,790.09
2030	267399,526.96	138314,026.42	129085,500.54
2031	267883,810.23	138501,662.13	129382,148.09
2032	268372,936.33	138691,174.21	129681,762.12
2033	268866,953.69	138882,581.40	129984,372.29
2034	269365,911.23	139075,902.67	130290,008.56
2035	269869,858.34	139271,157.15	130598,701.20
2036	270378,844.93	139468,364.17	130910,480.76
2037	270892,921.38	139667,543.26	131225,378.11
2038	271412,138.59	139868,714.15	131543,424.44
2039	271936,547.98	140071,896.74	131864,651.23
2040	272466,201.46	140277,111.16	132189,090.30
2041	273001,151.47	140484,377.72	132516,773.75

Fuente: Elaboración propia

Parámetros de producción pecuaria sin proyecto.

En la situación sin proyecto se tienen los siguientes indicadores de producción, ingresos y costos por unidades producidas del sector pecuario.

Cuadro N° 59. Costos financieros de producción ganado

(Sin proyecto)

Concepto	Costo financiero	
Limpieza y mantenimiento de pastos	80	C$/ha
Revisión y reparación de cercas	80	C$/ha
Sanidad animal	50	C$/animal
Alimentación complementaria	80	C$/animal
Compra de novillos	2,500.00	C$/novillo
Compra de sementales	18,000.00	C$/semental

Fuente: datos de encuestas

Cuadro N° 60. Peso promedio

(Sin proyecto)

Concepto	(kg)
Toro	480
Ternero	180
Vaquillas	340
Descarte	350
Novillos	360

Fuente: encuestas

Cuadro N° 61. Precios de producción

Concepto	C$
Precio carne (kg)	18
Precio Leche (lt)	10

Fuente: Encuestas

Beneficio neto de la producción pecuaria sin proyecto.

Cuadro N° 62. Beneficio neto de la actividad ganadera

Sin proyecto

Años	Ingresos brutos	Costo de producción	Ingreso neto
2022	12,811,017.68	5,942,390.49	6,868,627.19
2023	14,756,575.69	6,090,309.70	8,666,265.99
2024	16,154,212.10	6,209,646.06	9,944,566.04
2025	17,348,867.07	6,320,760.76	11,028,106.31
2026	18,502,933.79	6,433,431.81	12,069,501.98
2027	19,703,377.92	6,572,546.47	13,130,831.45
2028	20,977,214.79	6,703,030.26	14,274,184.53
2029	22,356,449.49	6,844,927.26	15,511,522.23
2030	23,858,991.73	6,999,789.00	16,859,202.73
2031	25,500,116.40	7,169,055.45	18,331,060.95
2032	27,294,559.63	7,354,184.33	19,940,375.30
2033	29,257,541.12	7,556,716.78	21,700,824.34
2034	31,405,300.92	7,778,314.51	23,626,986.41
2035	33,755,420.46	8,020,784.58	25,734,635.87
2036	36,327,051.91	8,286,099.25	28,040,952.66
2037	39,141,113.42	8,576,414.35	30,564,699.06
2038	42,220,477.10	8,894,087.89	33,326,389.21
2039	45,590,163.19	9,241,699.69	36,348,463.50
2040	49,277,547.07	9,622,072.59	39,655,474.48
2041	53,312,583.36	10,038,295.44	43,274,287.92

Fuente: propia

Los flujos de la producción, costos e ingresos de la producción pecuaria sin proyecto que se generan en la zona se muestran en anexo.

Beneficio Neto total. Situación sin proyecto.

Se obtiene al sumar el beneficio neto del sector agrícola con el beneficio neto del sector pecuario en la situación sin proyecto.

Cuadro N° 63. Beneficio neto total

Situación sin proyecto

Año	Beneficio neto		Total
	Agrícola	Pecuaria	
2022	120,112,449.06	6,868,627.19	126,981,076.24
2023	122,620,798.10	8,666,265.99	131,287,064.08
2024	125,131,886.62	9,944,566.04	135,076,452.66
2025	127,645,742.04	11,028,106.31	138,673,848.35
2026	127,927,992.01	12,069,501.98	139,997,493.98
2027	128,213,064.48	13,130,831.45	141,343,895.93
2028	128,500,987.67	14,274,184.53	142,775,172.20
2029	128,791,790.09	15,511,522.23	144,303,312.32
2030	129,085,500.54	16,859,202.73	145,944,703.27
2031	129,382,148.09	18,331,060.95	147,713,209.05
2032	129,681,762.12	19,940,375.30	149,622,137.42
2033	129,984,372.29	21,700,824.34	151,685,196.63
2034	130,290,008.56	23,626,986.41	153,916,994.97
2035	130,598,701.20	25,734,635.87	156,333,337.07
2036	130,910,480.76	28,040,952.66	158,951,433.42
2037	131,225,378.11	30,564,699.06	161,790,077.18
2038	131,543,424.44	33,326,389.21	164,869,813.65
2039	131,864,651.23	36,348,463.50	168,213,114.73
2040	132,189,090.30	39,655,474.48	171,844,564.77
2041	132,516,773.75	43,274,287.92	175,791,061.66

Fuente: propia

4.3.1.2. Situación con proyecto.

Parámetros de producción agrícola con proyecto.

En la situación con proyecto se tienen los siguientes indicadores de producción, ingresos y costos por unidades producidas del sector agrícola.

Cuadro N° 64. Valores de producción agrícola con proyecto
(Análisis financiero)

Cultivos	Costos (C$/HA)	Rendimiento TM/Ha	Precio C$/TM
Maíz	5,428.50	2.1	8,800.00
Fríjol	6,693.75	0.94	13,200.00
Café	38,677.59	1,1-1,3	60,000.00
Papa	17,107.13	2,8-3,0	8,818.00

Fuente: Elaboración propia

Beneficio neto agrícola con proyecto.

Se obtiene al calcular los costos de la producción y el ingreso de la producción en la situación con proyecto. Los flujos de ingresos de producción y costos de producción por rubro se pueden ver en anexos.

Cuadro N° 65. Beneficio neto agrícola con proyecto

Año	Ingresos	Costos	Beneficios
2022	300,009,097.37	168,937,658.64	131,071,438.73
2023	302,065,245.53	169,684,728.04	132,380,517.49
2024	303,753,682.90	170,454,209.53	133,299,473.37
2025	350,636,318.80	171,246,775.46	179,389,543.34
2026	352,441,248.36	172,063,118.37	180,378,130.00
2027	354,300,325.81	172,903,951.56	181,396,374.25
2028	356,215,175.59	173,770,009.76	182,445,165.83
2029	358,187,470.86	174,662,049.69	183,525,421.16
2030	360,218,934.98	175,580,850.83	184,638,084.15
2031	362,311,343.03	176,527,216.00	185,784,127.03
2032	364,466,523.32	177,501,972.12	186,964,551.20
2033	366,686,359.02	178,505,970.93	188,180,388.09
2034	368,972,789.79	179,540,089.71	189,432,700.09
2035	371,327,813.49	180,605,232.04	190,722,581.44
2036	373,753,487.89	181,702,328.65	192,051,159.24
2037	376,251,932.53	182,832,338.15	193,419,594.37
2038	378,825,330.50	183,996,247.94	194,829,082.56
2039	381,475,930.42	185,195,075.03	196,280,855.39
2040	384,206,048.33	186,429,866.92	197,776,181.41
2041	387,018,069.78	187,701,702.58	199,316,367.21

Fuente: Elaboración propia

Parámetros de producción pecuaria con proyecto.

En la situación con proyecto se tienen los siguientes indicadores de producción, ingresos y costos por unidades producidas del sector pecuario.

Cuadro N° 66. Costos financieros de producción ganado

(Con proyecto)

Concepto	Costo financiero	
Limpieza y mantenimiento de pastos	80	C$/ha
Revisión y reparación de cercas	80	C$/ha
Sanidad animal	50	C$/animal
Alimentación complementaria	80	C$/animal
Compra de novillos	2,500.00	C$/novillo
Compra de sementales	18,000.00	C$/semental

Fuente: datos de encuestas

Cuadro N° 67. Peso promedio

(Con proyecto)

Concepto	(kg)
Toro	480
Ternero	190
Vaquillas	350
Descarte	360
Novillos	370

Fuente: elaboración propia

Cuadro n° 68. Precios de producción

(Con proyecto)

Concepto	C$
Precio Carne (kg)	18
Precio Leche (lt)	10

Fuente: datos encuesta

Beneficio Neto de la producción pecuaria con proyecto.

Los flujos de la producción, costos e ingresos de la producción pecuaria con proyecto que se generan en la zona se muestran en anexo.

El flujo de beneficio neto de la producción pecuaria con proyecto se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 69. Beneficio neto de la actividad ganadera
Con proyecto

Años	Ingresos brutos	Costo de producción	Ingreso neto
2022	15,814,998.12	5,990,573.84	9,824,424.28
2023	18,721,781.88	6,156,349.11	12,565,432.77
2024	20,801,544.70	6,291,762.38	14,509,782.31
2025	26,664,912.25	6,450,530.88	20,214,381.37
2026	28,669,048.02	6,582,010.06	22,087,037.96
2027	31,068,039.87	6,764,536.09	24,303,503.78
2028	33,776,902.84	6,938,318.31	26,838,584.53
2029	36,976,676.93	7,141,499.36	29,835,177.56
2030	40,402,139.78	7,363,532.60	33,038,607.18
2031	44,305,570.27	7,614,224.67	36,691,345.60
2032	50,260,516.50	7,973,789.50	42,286,727.01
2033	55,379,941.28	8,326,885.69	47,053,055.60
2034	61,890,746.11	8,752,889.72	53,137,856.39
2035	69,525,602.47	9,245,917.71	60,279,684.76
2036	78,296,314.91	9,810,284.66	68,486,030.25
2037	88,316,055.58	10,454,381.75	77,861,673.83
2038	99,745,251.03	11,188,868.66	88,556,382.37
2039	112,776,682.21	12,026,242.00	100,750,440.21
2040	127,633,236.90	12,980,856.48	114,652,380.41
2041	144,569,989.94	14,069,110.71	130,500,879.22

Fuente: elaboración propia

Beneficio Neto total. Situación con proyecto.

Se obtiene al sumar el beneficio neto del sector agrícola con el beneficio neto del sector pecuario en la situación con proyecto.

Cuadro N° 70. Beneficio neto total situación con proyecto

Año	Beneficio neto		Total
	Agrícola	Pecuaria	
2022	131,071,438.73	9,824,424.28	140,895,863.01
2023	132,380,517.49	12,565,432.77	144,945,950.26
2024	133,299,473.37	14,509,782.31	147,809,255.68
2025	179,389,543.34	20,214,381.37	199,603,924.71
2026	180,378,130.00	22,087,037.96	202,465,167.96
2027	181,396,374.25	24,303,503.78	205,699,878.03
2028	182,445,165.83	26,838,584.53	209,283,750.36
2029	183,525,421.16	29,835,177.56	213,360,598.73
2030	184,638,084.15	33,038,607.18	217,676,691.34
2031	185,784,127.03	36,691,345.60	222,475,472.63
2032	186,964,551.20	42,286,727.01	229,251,278.20
2033	188,180,388.09	47,053,055.60	235,233,443.68
2034	189,432,700.09	53,137,856.39	242,570,556.47
2035	190,722,581.44	60,279,684.76	251,002,266.20
2036	192,051,159.24	68,486,030.25	260,537,189.49
2037	193,419,594.37	77,861,673.83	271,281,268.21
2038	194,829,082.56	88,556,382.37	283,385,464.93
2039	196,280,855.39	100,750,440.21	297,031,295.60
2040	197,776,181.41	114,652,380.41	312,428,561.82
2041	199,316,367.21	130,500,879.22	329,817,246.43

Fuente: propia

4.3.1.3. Beneficio marginal de la producción.

El beneficio marginal se obtiene al comparar la situación con proyecto contra la situación sin proyecto.

Aquí se refleja el beneficio en la producción que es solo atribuible al proyecto, evitando contabilizar beneficios que se hubieran generado aunque el proyecto no se hubiera desarrollado.

Cuadro N° 71. Beneficio marginal

Año	Sin proyecto	Con proyecto	Beneficio marginal
2022	126,981,076.24	140,895,863.01	13,914,786.77
2023	131,287,064.08	144,945,950.26	13,658,886.18
2024	135,076,452.66	147,809,255.68	12,732,803.02
2025	138,673,848.35	199,603,924.71	60,930,076.36
2026	139,997,493.98	202,465,167.96	62,467,673.97
2027	141,343,895.93	205,699,878.03	64,355,982.11
2028	142,775,172.20	209,283,750.36	66,508,578.16
2029	144,303,312.32	213,360,598.73	69,057,286.40
2030	145,944,703.27	217,676,691.34	71,731,988.06
2031	147,713,209.05	222,475,472.63	74,762,263.58
2032	149,622,137.42	229,251,278.20	79,629,140.78
2033	151,685,196.63	235,233,443.68	83,548,247.05
2034	153,916,994.97	242,570,556.47	88,653,561.50
2035	156,333,337.07	251,002,266.20	94,668,929.13
2036	158,951,433.42	260,537,189.49	101,585,756.07
2037	161,790,077.18	271,281,268.21	109,491,191.03
2038	164,869,813.65	283,385,464.93	118,515,651.28
2039	168,213,114.73	297,031,295.60	128,818,180.87
2040	171,844,564.77	312,428,561.82	140,583,997.05
2041	175,791,061.66	329,817,246.43	154,026,184.76

Fuente: propia

El beneficio en la producción es independiente de la alternativa de construcción que se utilice para la carretera.

4.3.2. Beneficio en ahorro por transporte

Se espera un ahorro en los costos de transporte por cada una de las alternativas para los distintos vehículos considerados en el estudio de tráfico.

Los detalles para cada alternativa se muestran en anexos. El beneficio varía de acuerdo al tipo de superficie que se tiene para las alternativas.

Cuadro N° 72. Ahorro en transporte

Año	Adoquín	Asfalto	Concreto
2022	2,058,600.00	2,295,850.00	2,362,280.00
2023	2,148,025.00	2,381,625.00	2,450,610.00
2024	2,611,575.00	2,909,050.00	2,997,745.00
2025	2,867,075.00	3,165,645.00	3,262,735.00
2026	3,149,950.00	3,493,415.00	3,601,090.00
2027	3,409,100.00	3,796,365.00	3,913,165.00
2028	3,726,650.00	4,123,040.00	4,249,695.00
2029	4,073,400.00	4,508,845.00	4,646,815.00
2030	4,440,225.00	4,931,515.00	5,081,895.00
2031	4,821,650.00	5,357,470.00	5,520,260.00
2032	5,259,650.00	5,832,335.00	6,008,995.00
2033	5,721,375.00	6,360,855.00	6,553,210.00
2034	6,278,000.00	6,983,545.00	7,193,420.00
2035	7,028,075.00	7,790,560.00	8,026,715.00
2036	7,650,400.00	8,514,355.00	8,769,490.00
2037	8,374,925.00	9,296,185.00	9,573,585.00
2038	9,187,050.00	10,231,315.00	10,534,995.00
2039	10,203,575.00	11,340,915.00	11,675,255.00
2040	11,280,325.00	12,530,085.00	12,897,275.00
2041	12,490,300.00	13,895,915.00	14,300,700.00

Fuente: elaboración propia

4.4.- AJUSTE DE PRECIOS FINANCIEROS A PRECIO SOCIOECONÓMICOS

4.4.1- Criterios de ajuste

La evaluación económica del proyecto se realiza bajo los siguientes criterios determinados por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) del país.

Cuadro N° 73. Precios sociales

Descripción	Valor
Tasa Social de Descuento	8%
Factor de ajuste a la divisa	1.27
Mano de Obra	
Calificada con desempleo involuntario	0.82
No calificada con desempleo involuntario	0.54

Fuente: SNIP

1. Para el caso de la mano de obra calificada se considerará que el precio económico es igual al precio financiero.
2. Para el caso de la mano de obra no calificada con desempleo involuntario el precio económico es el 54% del precio financiero. El factor de ajuste para la mano de obra calificada con desempleo involuntario es 82%.
3. Para el caso de los precios de los insumos se considerará el factor de divisa en los productos de exportación, para el caso de los ingresos y en el caso de los costos para el porcentaje de los mismos que corresponde a transables. De igual manera, se procederá con los rubros de inversión en los cuales se considerará porcentajes de insumos importados. El factor de ajuste a la divisa es 1.27.
4. La tasa de descuento para el análisis económico es de 8 %

4.5.- INVERSIÓN A PRECIOS SOCIOECONÓMICOS

Considerando los parámetros anteriores y que algunos rubros en la inversión pueden ser considerados en su totalidad transables se ajusta la inversión a precios financieros. Los valores se presentan descontados de impuestos.

Cuadro N° 74. Inversión en activo fijo

(Precios socioeconómicos)

Descripción	Adoquín	Asfalto	Concreto
Preliminares	4,990,477.80	4,990,477.80	1,732,500.00
Movimiento de tierra	53,583,723.70	53,095,538.13	49,169,165.47
Estructura de pavimento	175,876,002.09	310,981,266.85	364,021,360.26
Drenaje menor	28,404,465.38	26,948,216.79	25,829,316.35
Drenaje Mayor (Cajas de concreto reforzado)	11,985,980.57	11,381,979.18	11,906,675.86
Drenaje Mayor (Puentes)	47,504,371.56	42,709,191.31	41,329,544.64
Misceláneos	65,461,011.65	58,909,748.37	55,869,837.49
Señalización	9,924,858.73	9,063,214.95	8,725,182.74
Total costos directos	397,730,891.48	518,079,633.37	558,583,582.82
Costos indirectos	48,116,898.65	50,295,552.24	37,915,167.40
Total Directos + Indirectos	445,847,790.13	568,375,185.61	596,498,750.22
Utilidad (8%)	35,667,823.21	45,470,014.85	47,719,900.02
Total	481,515,613.34	613,845,200.46	644,218,650.24

Fuente: elaboración propia

Cuadro N° 75. Inversión en activos diferidos

(Precios socioeconómicos)

Descripción	Monto ($)		
	Adoquín	Asfalto	Concreto
Formulación del Proyecto	14,789,429.96	18,845,819.04	19,752,042.94
Supervisión del Proyecto	17,254,334.96	21,986,788.88	23,044,050.10
Total	32,043,764.92	40,832,607.92	42,796,093.03

Fuente: propia

Cuadro N° 76. Inversión total

(Precios socioeconómicos)

Descripción	Monto ($)		
	Adoquín	Asfalto	Concreto
Activos fijos	481,515,613.34	613,845,200.46	644,218,650.24
Activos diferidos	32,043,764.92	40,832,607.92	42,796,093.03
Total	513,559,378.26	654,677,808.37	687,014,743.27

Fuente: propia

4.5.1.- Ajuste de los ingresos y gastos a precios económicos

En este caso para facilitar el análisis se consideró que toda la producción se comercializa a nivel interno. En su estructura de costos se consideró que los bienes agrícolas en su mayoría insumos están exentos de impuestos y poseen un bajo componentes de bienes transables.

De manera que los costos para el análisis económico quedaran de la forma que en el análisis a precios de mercado. (Los valores de los precios económicos pueden verse en anexo)

Costos de Mantenimiento a precios económicos.

Los costos de mantenimiento para el proyecto fueron ajustados tomando en cuenta los criterios de ajuste para las actividades realizadas anualmente.

Se determinará el costo marginal del mantenimiento para reflejar el verdadero costo de esta actividad en el proyecto.

Cuadro N° 77. Costo marginal de mantenimiento
(Precios socioeconómicos)

Año	Adoquín	Asfalto	Concreto
2022	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2023	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2024	-21,213,043.48	-12,330,434.78	-11,343,478.26
2025	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2026	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2027	-21,213,043.48	-12,330,434.78	-11,343,478.26
2028	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2029	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2030	-21,213,043.48	-12,330,434.78	-11,343,478.26
2031	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2032	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2033	-21,213,043.48	-12,330,434.78	-11,343,478.26
2034	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2035	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2036	-21,213,043.48	-12,330,434.78	-11,343,478.26
2037	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2038	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2039	-21,213,043.48	-12,330,434.78	-11,343,478.26
2040	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87
2041	-585,652.17	-526,488.31	-388,260.87

Fuente: elaboración propia

4.6. Análisis socioeconómico del proyecto

4.6.1 Flujo de caja socioeconómico

El flujo económico considera la inversión considerada en un período de un año, el valor residual del camino se considera del 10 % con relación a su valor inicial de acuerdo a la tecnología utilizada.

Cuadro N° 78. Flujo de caja económico (adoquín)

Año	Inversión	Salvamento	Gasto de operación	Beneficios	Flujo de caja
2021	513,559,378.26				-513,559,378.26
2022			585,652.17	15,973,386.77	15,387,734.59
2023			585,652.17	15,806,911.18	15,221,259.00
2024			21,213,043.48	15,344,378.02	-5,868,665.45
2025			585,652.17	63,797,151.36	63,211,499.19
2026			585,652.17	65,617,623.97	65,031,971.80
2027			21,213,043.48	67,765,082.11	46,552,038.63
2028			585,652.17	70,235,228.16	69,649,575.99
2029			585,652.17	73,130,686.40	72,545,034.23
2030			21,213,043.48	76,172,213.06	54,959,169.58
2031			585,652.17	79,583,913.58	78,998,261.41
2032			585,652.17	84,888,790.78	84,303,138.61
2033			21,213,043.48	89,269,622.05	68,056,578.58
2034			585,652.17	94,931,561.50	94,345,909.33
2035			585,652.17	101,697,004.13	101,111,351.96
2036			21,213,043.48	109,236,156.07	88,023,112.59
2037			585,652.17	117,866,116.03	117,280,463.86
2038			585,652.17	127,702,701.28	127,117,049.11
2039			21,213,043.48	139,021,755.87	117,808,712.39
2040			585,652.17	151,864,322.05	151,278,669.88
2041		48,151,561.33	585,652.17	166,516,484.76	214,082,393.92

Fuente: propia

Cuadro N° 79. Flujo de caja económico (asfalto)

Año	Inversión	Salvamento	Gasto de operación	Beneficios	Flujo de caja
2021	654,677,808.37				-654,677,808.37
2022			526,488.31	16,455,916.77	15,929,428.45
2023			526,488.31	16,294,551.18	15,768,062.86
2024			12,330,434.78	15,993,713.02	3,663,278.24
2025			526,488.31	64,482,621.36	63,956,133.05
2026			526,488.31	66,392,518.97	65,866,030.66
2027			12,330,434.78	68,615,897.11	56,285,462.32
2028			526,488.31	71,130,208.16	70,603,719.85
2029			526,488.31	74,102,681.40	73,576,193.09
2030			12,330,434.78	77,242,393.06	64,911,958.28
2031			526,488.31	80,739,503.58	80,213,015.27
2032			526,488.31	86,126,505.78	85,600,017.47
2033			12,330,434.78	90,627,422.05	78,296,987.27
2034			526,488.31	96,407,256.50	95,880,768.19
2035			526,488.31	103,336,219.13	102,809,730.82
2036			12,330,434.78	111,020,641.07	98,690,206.29
2037			526,488.31	119,775,066.03	119,248,577.72
2038			526,488.31	129,811,306.28	129,284,817.97
2039			12,330,434.78	141,305,925.87	128,975,491.08
2040			526,488.31	154,350,702.05	153,824,213.74
2041		61,384,520.05	526,488.31	169,258,729.76	230,116,761.50

Fuente: propia

Cuadro N° 80. Flujo de caja económico (concreto)

Año	Inversión	Salvamento	Gasto de operación	Beneficios	Flujo de caja
2021	687,014,743.27				-687,014,743.27
2022			388,260.87	16,626,006.77	16,237,745.90
2023			388,260.87	16,471,211.18	16,082,950.31
2024			11,343,478.26	16,225,853.02	4,882,374.76
2025			388,260.87	64,737,391.36	64,349,130.49
2026			388,260.87	66,675,393.97	66,287,133.10
2027			11,343,478.26	68,922,132.11	57,578,653.85
2028			388,260.87	71,461,993.16	71,073,732.29
2029			388,260.87	74,462,571.40	74,074,310.54
2030			11,343,478.26	77,633,673.06	66,290,194.80
2031			388,260.87	81,162,173.58	80,773,912.71
2032			388,260.87	86,583,850.78	86,195,589.91
2033			11,343,478.26	91,124,552.05	79,781,073.79
2034			388,260.87	96,947,456.50	96,559,195.63
2035			388,260.87	103,946,499.13	103,558,238.26
2036			11,343,478.26	111,675,086.07	100,331,607.81
2037			388,260.87	120,484,626.03	120,096,365.16
2038			388,260.87	130,585,471.28	130,197,210.41
2039			11,343,478.26	142,154,185.87	130,810,707.61
2040			388,260.87	155,278,897.05	154,890,636.18
2041		64,421,865.02	388,260.87	170,277,079.76	234,310,683.92

Fuente: propia

4.7.- EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

El análisis de rentabilidad financiera y económica se hizo considerando tres alternativas de construcción del tramo carretero:

a) Adoquín b) Asfalto c) Concreto

4.7.1. Parámetros de evaluación

Los parámetros de la evaluación financiera y económica utilizados son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), y la Relación Beneficio – Costo.

- ✓ **Alternativa adoquín**

TSD =	8%
VAN =	112,156,328.75
TIR =	9.93%

- ✓ **Alternativa Asfalto**

TSD =	8%
VAN =	10,592,018.35
TIR =	8.15%

- ✓ **Alternativa concreto**

TSD =	8%
VAN =	-13,371,964.16
TIR =	7.81%

Según el análisis económico la alternativa más factible para el proyecto es el adoquín por establecer este una TIR más alta de recuperación de capital.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El tramo San Sebastián de Yalí-Condega de 38.922 Km. y Empalme La Laguna- La Laguna de 1.47 Km. mejorará la comunicación entre el municipio de San Sebastián de Yalí del departamento de Jinotega y el municipio de Condega del departamento de Estelí, a su vez, facilitará el comercio, ya que son productores de carne bovina y productos lácteos, así como de café.

La zona de Influencia Directa (AID) está constituida por un área de 24,402 Ha y tiene una población de 20,163 habitantes, los cuales serán beneficiados una vez sea mejorada la carretera, porque podrán transportar y vender la producción de sus granos básicos, productos lácteos y el café, también el ganados.

La zona de influencia indirecta (AII) constituida por gran parte del resto de la población rural de los municipios, se verá beneficiada porque mejorará el acceso a los servicios y el acceso a los mercados nacionales y el mercado externo.

Se concluye que los resultados obtenidos en los cálculos hidrológicos, están en concordancia con las características de las cuencas estudiadas, por ejemplo, los valores de los caudales calculados son medianamente grandes, lo que es lógico si se analizan las áreas de drenaje y las pendientes de los cauces principales.

Los resultados de las modelaciones de los puentes evidencian que las estructuras propuestas poseen suficiente capacidad hidráulica para evacuar las avenidas de diseño, igualmente las cajas puentes propuestas, tal como lo reflejan los resultados de este estudio.

La alternativa recomendada para la construcción del proyecto es el adoquín, frente a las otras alternativas analizadas como el concreto asfáltico en caliente y concreto compactado con rodillo, ya que a 20 años, la TIR y el VPN es mayor en la alternativa de adoquín que las otras alternativas mencionadas. En el análisis a 15 años, las alternativas concreto asfáltico en caliente y concreto compactado con rodillo, las TIR son menores que el 12% y los VPN son negativos, mientras que la alternativa de adoquín, se consigue una rentabilidad del 9.93 %.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda un eficiente sistema de drenaje que evite el estancamiento de las aguas superficiales a lo largo de la vía, y la infiltración de las mismas en el cuerpo del pavimento, lo que podría afectar la estabilidad del proyecto durante su vida útil.

Es necesario recomendar que se brinde mantenimiento rutinario a todas las obras de drenaje, antes y después de los períodos de lluvia. Este mantenimiento deberá comprender como mínimo la limpieza de tuberías, cauces, cunetas y la reparación de cualquier daño incipiente que a corto plazo pueda ocasionar severos problemas a la estructura, o afectar su funcionamiento.

Una vez construido este proyecto, se deberá programar y ejecutar el mantenimiento rutinario y periódico necesario para un eficiente sistema de drenaje que evite el estancamiento de las aguas superficiales a lo largo de la vía, y la infiltración de las mismas en el cuerpo del pavimento, lo que podría afectar la estabilidad del proyecto durante su vida útil.

Se recomienda que al momento de la construcción se conforme el cauce en las cercanías del puente para lograr una mejor estabilidad del flujo en las inmediaciones del cruce.

BIBLOGRAFIA

1. Alcaldía Municipal de YALI – CONDEGA .
2. Baca Urbina, Gabriel. Fundamentos de Ingeniería Económica Mc Graw Hill, México, 1999, 2da Ed.
3. Curso: Formulación y Evaluación de Proyectos. Módulo: Evaluación financiera. Ing. Guillermo Acevedo Ampié. Octubre, 2013.
4. Curso: Formulación y Evaluación de Proyectos. Módulo: Evaluación Económica y Social de Proyectos. MSc. Ricardo Martínez Cano. Octubre 2013.
5. Diseño de pavimentos por método AASHTO-93. Versión en español. Washington, DC: Autor Lechair Raúl.
6. Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE). Módulo de Costos y Presupuestos Catálogo de Etapas y Sub-Etapas.
7. Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE). Módulo de Costos y Presupuestos. Catálogo de Etapas y Sub-Etapas. Maestro de costos complejos.
8. Fondo de Mantenimiento Vial. Planeación.
9. Guía de costos–FISE. División de Desarrollo Institucional. Oficina de regulación, investigación y desarrollo. 2008.
10. Ministerio de Transporte e Infraestructura - MTI. División General de Planificación. Anuario de aforos de tráfico año 2008-2016.
11. Manual centroamericano de normas para el diseño de geométrico de carreteras regionales. Guatemala 2004, 2da. Edición.
12. The American Asociation of State Highway and Transportation Officials (1993).