

Facultad de Tecnología de la Construcción

**“ESTUDIO A NIVEL DE
PREFACTIBILIDAD DE LA
CONSTRUCCION DE 6 KM DE
CARRETERA DE PAVIMENTO
FLEXIBLE A 1.3 KM EMPALME LAS
ESQUINAS – INTERSECCION
CARRETERA SAN MARCOS
JINOTEPE”.**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. María Michelle
Bermúdez Medrano
Carnet: 2017-0213U

Br. Naomi Suyen
Galeano González
Carnet: 2017-0424U

Tutor:

M.Sc. Ing. Silvia Isabel
Lindo O'connors

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| Capítulo I: Generalidades | |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Antecedentes..... | 2 |
| 1.3 Justificación..... | 3 |
| 1.4 Objetivos | 4 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 4 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 4 |
| 1.5 Marco teórico..... | 5 |
| 1.5.1 Proyecto..... | 5 |
| 1.5.2 Estudio de prefactibilidad | 5 |
| 1.5.3 Diagnóstico de la situación actual..... | 5 |
| 1.5.4 Estudio de mercado | 6 |
| 1.5.5 Análisis oferta y demanda | 6 |
| 1.5.6 Estudio técnico..... | 7 |
| 1.5.7 Elementos de diseño para la infra estructura vial | 7 |
| 1.5.8 Estudio socioeconómico..... | 9 |
| 1.6 Diseño metodológico | 12 |
| capítulo II: Diagnóstico de la situación actual | 17 |
| 2.1 Nombre del proyecto | 18 |
| 2.2 Objetivos principales del proyecto | 18 |
| 2.3 Diagnóstico del área de influencia | 19 |
| 2.3.1 Clima y relieve | 21 |
| 2.4 Descripción del problema | 23 |
| 2.5 Análisis de la demanda..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.1 Caracterización de los usuarios del proyecto | 24 |
| 2.6 Análisis de la oferta | 31 |
| Capitulo III: Estudio Técnico..... | 33 |
| 3.1 Localización del proyecto..... | 34 |
| 3.1.1 Macro localización..... | 34 |
| 3.1.2 Micro localización..... | 35 |
| 3.2. Ingeniería del proyecto | 36 |
| 3.2.1 Estudio de tráfico | 36 |
| 3.2.2 Tránsito promedio diario anual TPDA..... | 39 |
| 3.2.3 Proyección del crecimiento vehicular. | 42 |
| 3.2.4 Velocidades | 45 |
| 3.2.5. Levantamiento topográfico | 46 |
| 3.2.6. Estudio geotécnico..... | 50 |
| 3.2.7. Estudio hidrológico e hidráulico..... | 55 |
| 3.2.8. Estructura de pavimento. | 74 |
| 3.2.9. Descripción de las características del tramo. | 85 |
| 3.2.10 Descripción de las actividades de construcción..... | 87 |
| 3.2.11. Plan de ejecución de obra..... | 92 |
| 3.2.12. Especificaciones técnicas del proyecto | 93 |
| 3.2.13. Volúmenes de obra | 96 |
| Capitulo IV: Estudio Socioeconómico..... | 99 |
| 4.1 Inversión del proyecto..... | 100 |
| 4.1.1 Presupuesto..... | 100 |
| 4.1.2 Costos directos. | 100 |
| 4.1.3 Costos indirectos..... | 101 |
| 4.1.4 Inversión diferida..... | 102 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.5 Inversión total..... | 103 |
| 4.2 Costos del proyecto..... | 103 |
| 4.2.1 Costos de mantenimiento..... | 103 |
| 4.3. Beneficios del proyecto..... | 106 |
| 4.3.1 Plusvalía de las propiedades | 106 |
| 4.3.2 Deterioro del parque vehicular | 107 |
| 4.3.3 Beneficios totales | 108 |
| 4.4 Flujo neto efectivo | 110 |
| 4.4.1 Transformación a precio social..... | 110 |
| 4.2 Obtención de Flujo neto efectivo..... | 112 |
| 4.5 Evaluación económica del proyecto..... | 113 |
| 4.5.1 Valor Actual Neto Económico (VANE)..... | 113 |
| 4.5.2. Tasa Interna De Retorno Económica (TIRE)..... | 114 |
| 4.5.3 Relación beneficio/costo (R B/C)..... | 116 |
| Capitulo V: Conclusiones y recomendación | 117 |
| 5.1. Conclusiones | 118 |
| 5.2. Recomendaciones | 120 |
| Anexos | 121 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Población en los municipios de diriamba, jinotepe y san marcos | 24 |
| Tabla 2. Población proyectada de la vida útil del proyecto..... | 26 |
| Tabla 3. Principales involucrados en el proyecto | 27 |
| Tabla 4. Proyección para la intersección Las Esquinas – Diriamba | 44 |
| Tabla 5. Resumen de las velocidades obtenidas por sentido de viaje | 45 |
| Tabla 6. Levantamiento de seis puntos..... | 46 |
| Tabla 7. 75 puntos de referencia topográfica | 47 |
| Tabla 8. Ensayes realizados en el laboratorio..... | 51 |
| Tabla 9. Comportamiento de la sub-rasante existente (zona de aplicación)..... | 53 |
| Tabla 10. Clasificación de los sondeos manuales..... | 54 |
| Tabla 11. Resumen de resultados de los estudios hidrológicos del drenaje menor transversal | 59 |
| Tabla 12. Resumen de los resultados de los cálculos hidráulicos de drenaje menor | 71 |
| Tabla 13. Valores del coeficiente de escurrimiento K (Chow, 2004) | 72 |
| Tabla 14. Valores del coeficiente del retardo Cr (Chow, 2004). | 73 |
| Tabla 15. Diseño de cuneta..... | 74 |
| Tabla 16. Ejes equivalentes para los periodos de diseño | 75 |
| Tabla 17. Desviación normal (ZR) en función de la confiabilidad | 76 |
| Tabla 18. Coeficientes de capa..... | 78 |
| Tabla 19. Coeficientes de drenaje para base y subbase de pavimentos flexibles | 78 |
| Tabla 20. Diseño de espesores de pavimento obtenidos..... | 79 |
| Tabla 21. Granulometría combinada de los agregados..... | 81 |
| Tabla 22. Propiedades físicas de los agregados..... | 81 |
| Tabla 23. Granulometría del agregado para base triturada..... | 83 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 24. Granulometría del suelo para subbase triturada-natural..... | 84 |
| Tabla 25. Plan de ejecución de obras | 92 |
| Tabla 26. Volúmenes de obras | 96 |
| Tabla 27. Resumen de costos directos | 100 |
| Tabla 28. Resumen de costos indirectos | 101 |
| Tabla 29. Costos totales | 102 |
| Tabla 30. Inversión diferida..... | 102 |
| Tabla 31. Inversión total | 103 |
| Tabla 32. Monto requerido para escenario con proyecto | 104 |
| Tabla 33. Precios básicos de nicaragua | 106 |
| Tabla 34. Costo de mantenimiento en precio social..... | 106 |
| Tabla 35. Plusvalía de las propiedades | 107 |
| Tabla 36. Deterioro del parque vehicular | 108 |
| Tabla 37. Beneficios totales..... | 109 |
| Tabla 38. Precios básicos de nicaragua | 110 |
| Tabla 39. Nuevos costos indirectos transformados..... | 111 |
| Tabla 40. Inversión en precio social..... | 111 |
| Tabla 41. Flujo neto efectivo..... | 112 |
| Tabla 42. Criterio de decisión VANE..... | 114 |
| Tabla 43. Valor actual neto económico | 114 |
| Tabla 44. Criterio de decisión TIRE | 115 |
| Tabla 45. Resultado del TIRE | 115 |
| Tabla 46. Criterios de decisión de R B/C | 116 |
| Tabla 47. Resultado de R B/C | 116 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación del tramo a intervenir | 19 |
| Figura 2. Vista satelital del inicio de la circunvalación | 20 |
| Figura 3. Mapa de clasificación del clima köppen..... | 21 |
| Figura 4. Mapa de Índice confort climático anual periodo 1971-2000 | 22 |
| Figura 5. Población por orden de primacía y tasa de crecimiento, según departamento/región autónoma. Censo de 1995-2005 | 25 |
| Figura 6. Macro localización del departamento de carazo..... | 34 |
| Figura 7. Micro localización del proyecto..... | 35 |
| Figura 8. Políticas de diseño geométrico de la AASHTO 2001, camión WB-20 (WB-65 o 67) | 37 |
| Figura 9. Recorrido de giro mínimo para semirremolque interestatal..... | 37 |
| Figura 10. Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico de la oficina de diagnóstico, evaluación de pavimentos y puentes..... | 40 |
| Figura 11. Factores de expansión utilizados en el aforo realizado en la intersección Las Esquinas | 41 |
| Figura 12. Resultado de aforo y aplicación de los factores de expansión para el resultado del TPDA | 41 |
| Figura 13. Tasas de crecimiento del PIB | 42 |
| Figura 14. Tasa obtenida del manual de aforo de tráfico (Ministerios de Transporte e infraestructura (MTI), 2020) para la estación de mayor cobertura | 43 |
| Figura 15. Crecimiento vehicular en la vida útil del proyecto | 45 |
| Figura 16. Sondeos para la determinación de CBR..... | 52 |
| Figura 17. Criterios para la determinación del coeficiente de escorrentía..... | 57 |
| Figura 18. Carta 1A Profundidad de agua a la entrada para alcantarillas de tubos de concreto con control de entrada | 62 |

| | |
|--|----|
| Figura 19. Carta 8A Profundidad a la entrada para alcantarillas cajón con control de entrada..... | 63 |
| Figura 20. Carta 14 A Profundidad crítica en secciones rectangulares..... | 65 |
| Figura 21. Carta 4A Profundidad crítica en tuberías circulares | 66 |
| Figura 22. Carta 5 A Perdida de energía H para alcantarillas de tubos de concreto | 68 |
| Figura 23. Carta 15 A Pérdida de energía H para alcantarillas cajón de concreto | 69 |
| Figura 24. Tabla de coeficientes de pérdida de carga a la entrada..... | 70 |
| Figura 25. Estructura de pavimento..... | 88 |
| Figura 26. Diagrama de plan de ejecución de obras..... | 93 |

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrenta el municipio de Diriamba, Carazo es el congestionamiento vehicular ocasionado en la carretera panamericana sur, que atraviesa este municipio hacia el municipio de Jinotepe, generando caos y contratiempos a los transportes de pasajeros y de carga, tanto nacional como internacional, al igual que los conductores de vehículos livianos.

En consideración a esta problemática se realizará el estudio de prefactibilidad de la construcción del tramo de carretera “Diriamba – Jinotepe”, ubicado en el departamento de Carazo, el proyecto consta de 6km de longitud.

La ruta actualmente es un camino en mal estado con baches, cárcavas y surcos transversales y longitudinales, provocados por escorrentías superficiales. La sección actual posee un ancho promedio de rodamiento que oscila entre 3.00 metros a 4.50 metros. Actualmente el camino se puede transitar en vehículos de doble tracción.

La zona del corredor de esta carretera se caracteriza por estar enmarcada en terrenos que topográficamente se clasifican como del tipo ondulado con secciones planas, lo que conlleva a que la mayor parte de su trayectoria planimetría resulte ser bastante uniforme y amplia en su curvatura. La carretera una vez construida estará clasificada como una troncal principal, la cual pasará a ser parte del corredor principal panamericano.

El presente estudio requerirá de una valoración inicial del sitio, un estudio de mercado con el que se pretende analizar la oferta y la demanda, un estudio técnico con la descripción del tramo para ver los aspectos generales y el presupuesto de construcción, y el estudio socioeconómico del proyecto.

1.2 ANTECEDENTES

El estudio a nivel de prefactibilidad de la construcción del tramo de carretera Diriamba-Jinotepe del departamento de Carazo, tiene como antecedentes estudios realizados a un proyecto de gran envergadura como es la ampliación Nejapa-el crucero-Diriamba, realizado en el año 2019 por el ministerio de transporte e infraestructura, los cuales demuestran excelentes resultados.

El tramo Diriamba-Jinotepe al que se le realizará el estudio, anteriormente funcionaba solamente para las fincas y zona rural que atraviesa, el cual se encuentra en mal estado debido a las escorrentías superficiales, por lo que es un terreno con topografía que va de plano a semi ondulado, cuyo pendiente promedio es de 5.07%. La superficie se encuentra revestida con material selecto y suelo natural, pronunciándose sobre la superficie de rodamiento, baches, cárcavas y surcos transversales y longitudinales. Este tramo de camino no cuenta con obras hidráulicas de drenaje menor (alcantarillas), ni cunetas.

El Gobierno de la República de Nicaragua, a través del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), ha considerado necesario realizar el proyecto “Circunvalación entre las ciudades de Diriamba y Jinotepe” para poder poner fin a la problemática que presenta dicho tramo actualmente, con el objetivo de promover la implementación del mejoramiento a las rutas que conectan los departamentos de la zona sur y pacífico con el resto del país.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El transporte por carretera juega un papel determinante en el desarrollo económico de Nicaragua, la competitividad de la industria, agricultura, ganadería y comercio está vinculada a la eficacia y eficiencia de la operación del transporte en el departamento de Carazo, es por esto la importancia del tramo de carretera DIRIAMBA -JINOTEPE.

Este tramo, al formar parte de la carretera panamericana será, asimismo, parte de la red de carreteras nacionales que conectan con áreas importantes para el desarrollo económico del país, las cuales contribuyen a la generación, captación y distribución de los diferentes productos de consumo nacional y de exportación, promoviendo de esta manera el desarrollo económico y turístico del país.

La competitividad de su industria, agricultura y comercio está vinculada a la eficacia y eficiencia de la operación del transporte, con una adecuada y eficiente inversión en la red vial debe de lograrse: la mejora de la funcionalidad de la red vial que une los centros productivos y los mercados de exportación, disminuir los deterioros acelerados de la red vial mediante el control de pesos y dimensiones y una mayor cobertura en mantenimiento, disminuir los niveles de accidentalidad vial y fortalecer las capacidades técnicas de la infraestructura.

A parte de contribuir de esta manera al desarrollo del país, esta carretera beneficiará a la población que transita por esta zona y acercará el intercambio de bienes, permitiendo fluidez al comercio y mayor movilidad a las personas, lo que vendrá a generar ahorros sustanciales a los productores, transportistas y usuarios en general en tiempos de viajes y costos de operación vehicular, lo mismo que promoverá la educación, la salud y la cultura de las poblaciones dentro del área de influencia directa de la carretera, al permitir accesos a los centros de estudios, de salud y cultura, ayudando también a que tengan mayores oportunidades a los programas de mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones rurales por las que también atravesara el tramo.

Al igual que el descongestionamiento vehicular en el mercado del municipio de Diriamba ahorrando tiempo y dinero a la población que es el principal problema al cual se pretende dar fin con este proyecto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar el estudio a nivel de pre factibilidad para la construcción del tramo de carretera de pavimento flexible a 1.3 km empalme las esquinas – intersección carretera San Marcos Jinotepe, en el departamento de Carazo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual para analizar la oferta y demanda del proyecto.
- Establecer los aspectos técnicos para la construcción de la carretera.
- Determinar la viabilidad del proyecto mediante un estudio socioeconómico.

1.5 MARCO TEÓRICO

Para un mejor desarrollo y comprensión de este estudio es necesario definir ciertos conceptos teóricos.

1.5.1 Proyecto

(Baca Urbina, 2010), establece que “un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planeamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana”. Y aunque hay muchas definiciones de proyecto, en todas se llega a la misma conclusión, en la que los proyectos pretenden dar solución a un problema o necesidad. Estos resultan ser temporales lo que implica que tienen un principio y un final definido, todos tratan de cumplir un objetivo y obtener un resultado único para tratar de generar un bien en cualquier ámbito en el que se plantee.

1.5.2 Estudio de prefactibilidad

Es un análisis en la fase inicial de un proyecto. Estos estudios están diseñados para dar información básica que es necesaria antes de la ejecución del mismo; en otras palabras, ofrece una visión general con información importante para el proceso de toma de decisiones.

El principal objetivo de este estudio es evaluar para luego eliminar incertidumbres que puedan surgir en un proyecto, además de indicar si puede llevarse a cabo dicho proyecto de forma técnicamente estable y económicamente viable.

1.5.3 Diagnóstico de la situación actual.

Este diagnóstico tiene por objetivo realizar una descripción y análisis de los principales aspectos relacionados al problema definido. Para ello, se debe recopilar la información apropiada, de fuentes de origen primario y/o secundario.

El (SNIP) establece que este diagnóstico debe ser integral y tiene el fin de conocer la cantidad de grupos involucrados en el proyecto, sus características sociales, económicas, el área de influencia, las condiciones de la infraestructura vial, entre otros, aplicando un adecuado enfoque sistemático.

1.5.4 Estudio de Mercado

El estudio de mercado es uno de los más importante a la hora de evaluar la factibilidad de un proyecto. (Chain & Chain, 2008) establecen que este estudio es más que el análisis y la determinación de la oferta y demanda, o de los precios del proyecto. Pocos proyectos “son los que explican la estrategia publicitaria, la cual tiene en muchos casos una fuerte repercusión, tanto en la inversión inicial cuando la estrategia de promoción se ejecuta, antes de la puesta en marcha del proyecto como en los costos de operación, cuando se define como un plan concreto de acción”.

1.5.5 Análisis oferta y demanda

Podemos comenzar definiendo estos dos factores para entender de mejor manera lo que tratan de cumplir al ejecutar un análisis de los mismos.

Análisis de demanda: Este análisis tiene como objetivo principal medir las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado, con respecto a un bien o servicio y cómo este puede participar para lograr la satisfacción de dicha demanda. La comprensión de este factor es clave porque este determina si la inversión en verdad se justifica a razón de que la inversión contribuye a mejorar la calidad de vida de los usuarios y población en general. En síntesis, el nivel de la demanda define la magnitud de la inversión, así como otras características.

El (SNIP) funda una proyección de la demanda a partir del comportamiento del TPDA en el tramo de interés, a fin de tener una idea clara de la demanda, en este caso la cantidad de vehículos que afrontara el proyecto.

Análisis de la oferta: determina o mide las cantidades y las condiciones en que una economía puede y quiere poner a disposición del mercado un bien o un servicio. La oferta, al igual que la demanda, es función de una serie de factores importantes, como son los precios en el mercado del producto, los apoyos gubernamentales a la producción, entre otras. La investigación de campo que se haga, deberá tomar en cuenta todos estos factores junto con el entorno económico en que se desarrollará el proyecto.

El (SNIP) define que para un proyecto de infraestructura vial el análisis de la oferta es aquel que describe la condiciones de transitabilidad ofrecida por el tramo en estudio, y de forma más general de la red vial relevante.

Balance oferta y demanda: El balance oferta-demanda, tiene el propósito de establecer la situación de equilibrio, entre los vehículos que transitan por el tramo en estudio y las condiciones de transitabilidad de dicho tramo.

El balance oferta-demanda trata de hacer una comparación de sus pronósticos, porque lo que importa es la proyección de esta en un futuro, ya que todas las decisiones de inversión, ya sea para un proyecto de mejoramiento, expansión o construcción, en primera instancia, estará basada en que la demanda de servicios sea mayor que la oferta actual y pronosticada de los mismos.

1.5.6 Estudio técnico.

En el estudio técnico se contemplan los aspectos técnicos operativos necesarios en el uso eficiente de los recursos disponibles para la obtención de un bien o servicio en el cual se analiza la determinación del tamaño óptimo del lugar de producción, localización, instalaciones etc.

Así mismo este estudio puede subdividirse en cuatro partes como es la determinación de la localización, determinación del tamaño óptimo, ingeniería de proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal (Baca Urbina, 2010).

Y en conjunto con lo descrito anteriormente, el (SNIP) propone realizar el análisis técnico de las alternativas propuestas en un proyecto de infraestructura vial, los elementos técnicos están referidos principalmente al diseño de la carpeta de rodadura, y de todas las demás obras complementarias. Si se tratara de un proyecto de construcción de nueva infraestructura vial, un nuevo tramo de camino o de carretera, entonces se hace relevante analizar la localización de ese tramo.

Otros elementos de análisis son el tamaño y la tecnología, que, junto con la localización, son decisiones interdependientes que serán más o menos importantes según sea el caso. De las decisiones técnicas se derivarán requerimientos de recursos para la inversión y el mantenimiento de la infraestructura vial.

1.5.7 Elementos de diseño para la infra estructura vial

Estudio de tránsito: este tiene como finalidad analizar la movilidad en una zona determinada examinando los diferentes elementos que la componen y suponiendo la interacción de los nuevos proyectos viales con la red proyectada, realizando un

diagnóstico que proporcione soluciones ajustadas a cada proyecto con el fin de obtener una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente.

Por medio de los estudios de tránsito es posible conocer el cálculo de la capacidad y niveles de servicio de la vía y en consecuencia la recomendación de los medios constructivos que permitan la mejoría de la circulación vehicular (Hudiel, 2017).

Tránsito promedio diario anual (TPDA): Para el diseño de estructura de pavimentos, es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Para tal efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos tales como puentes, túneles o intersecciones de carreteras (Manual Centroamericano de diseño de pavimento, 2002).

Diseño geométrico: es el análisis de elementos geométricos necesarios para la realización de un proyecto de vialidad urbana, considerando aspectos de alineamiento horizontal, vertical y sección transversal.

Realizar el diseño geométrico es importante para la construcción de carretera determinando la configuración tridimensional, es decir la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos de la carretera, de manera que, ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Tipo de pavimento: Es un conjunto de subbases, base, y superficie de rodamiento colocado sobre la subrasante, cuya función es la de soportar los esfuerzos que le imponen las cargas de diferentes tráficos, distribuirlos a la subrasante y a la vez resistir el desgaste y proveer una superficie que una superficie que permita una circulación cómoda y segura (Nic 2019).

- Pavimento flexible (Asfalto).
- Pavimentos rígidos (concreto).
- Pavimento articulado (adoquín).

1.5.8 Estudio socioeconómico.

Este estudio da a conocer los grandes lineamientos de una obra vial por ejecutar, todo con fundamento en la demanda de caminos deducida de las condiciones socioeconómica-políticas prevalecientes.

El objetivo de este estudio es evaluar si la construcción de la carretera puede ser mediante una concesión recuperable con pago de peaje, o si debe ser construida con recursos del presupuesto estatal.

En este tipo de proyectos se utiliza, para su evaluación el criterio del beneficio para la colectividad. Deben considerarse los costos por habitante servido, así como los elementos de carácter social que se logra, como, asistencia médica, educación, cultura, etc.

Costos Directos

De tal manera que el costo directo se define como: *"la suma de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo"*.

Costos Indirectos

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

Se definen a continuación los conceptos de cada uno de estos componentes:

- **Preliminares:** Este rubro abarca los gastos de Seguros, Fianzas de Mantenimiento de oferta, Cumplimiento, Adelanto y Vicios ocultos. Gastos en la compra de catres, rótulo del proyecto, compra de planos y documentos, entre otros.
- **Gastos Administrativos de Campo:** Gastos de oficina en general, computación, pago de servicios de agua, luz, alquiler de casa, comunicación, servicio de laboratorio, entre otros.
- **Salario de Personal Indirecto:** Este se define como la política salarial que regirá en el proyecto para el personal de dirección y técnicos de oficina y campo, topografía, entre otros.

- **Salario extra Personal Indirecto:** Esta referido a una estimación, según datos estadísticos del monto que se debe pagar en horas extras a este personal, exceptuando al gerente de proyectos, ingeniero residente, especialista ambiental, ingeniero de control de calidad y al administrador.
- **Salario extra Personal Directo:** Esta referido a una estimación, según datos estadísticos del monto que se debe pagar en horas extras a este personal.
- **Prestaciones sociales:** Se refiere a las prestaciones sociales del personal de dirección y técnicos.
- **Transporte del Personal:** Se refiere a los gastos que se debe realizar en transportar al personal al sitio del Proyecto, así como a una estimación del gasto que implica la movilización interna tanto del personal como de materiales.
- **Construcción y Mantenimiento de Desvíos:** Se refiere a los costos que implica construir y mantener para construir obras de drenaje, así como de algunos tramos del camino, y para el acceso a los bancos de préstamo. No tienen un rubro de pago en particular, por lo tanto, se ha estimado e incluido este costo en el componente de Costos Indirectos.
- **Tiempo Ocioso del Equipo:** Se refiere al costo que implica durante 20 días en que el Contratista no tiene derecho a compensación monetaria cuando su equipo se encuentre ocioso debido a la afectación por lluvia y sus efectos.
- **Equipo de Apoyo y Otros:** Se refiere al costo que implica la movilización de camionetas, camión mantenimiento, camión para que realice sus funciones el especialista ambiental, para el uso de herramientas menores, y la movilización interna de equipo con el Low Boy.
- **Movilización y Desmovilización del Equipo:** Esta referido al costo que implica movilizar y desmovilizar el equipo al sitio del proyecto.
- **Salarios, Viáticos y Prestaciones Sociales:** Se refiere al pago de salarios, viáticos y las prestaciones sociales del personal que participa en la movilización y desmovilización del equipo al sitio del proyecto.
- **Viáticos del Personal Indirecto:** Se refiere al pago de viáticos del personal que forma parte de los costos indirectos.
- **Higiene, Seguridad Laboral y Ambiental:** Es el gasto que se debe incurrir para garantizar la higiene y la seguridad laboral de los trabajadores, así como los gastos

ambientales, como por ejemplo comprar de cascos, capotes, botas, mosquiteros, lámparas de mano, guantes, chalecos reflectivos, uniformes, letrinas móviles, entre otros.

- **Imprevistos:** Gastos no contemplados en el análisis y que surgen de forma imprevista.

La información que se requiere para evaluar las carreteras en función social consiste en el número de habitantes potencialmente beneficiados, localizados en la zona de influencia del proyecto.

Para determinar la viabilidad del proyecto se hace uso de los indicadores económicos del VANE (valor actual neto) y TIRE (tasa interna de retorno), ambos indicadores se relacionan de forma directa con el flujo de caja de los negocios y buscan hacer más preciso el cálculo del tiempo que un negocio tardará en recuperar su inversión inicial.

Para que un proyecto sea rentable por lo general el valor del VANE debe ser siempre mayor que cero. Esto indicará que en un plazo estimado (por ejemplo, 10 años) podremos recuperar la inversión que ha puesto en marcha el proyecto y tendremos más beneficio que si el dinero se hubiese invertido en renta fija.

En cuanto a TIRE, hace referencia al tipo de interés en el que el número de VANE es cero. Su función es señalar la tasa a la cual recuperaremos la inversión inicial del proyecto transcurrido cierto tiempo.

Esto quiere decir que, cuanto menor sea el TIRE, más rentable será un proyecto. Por el contrario, si su valor es mayor del esperado, querrá decir que se trata de un proyecto poco rentable y vulnerable ante las tasas de interés de cada momento.

“Medir la viabilidad es fundamental para saber si una empresa debe apostar de lleno por un proyecto. Lo contrario es andar a tientas en el mercado y esperar que las dinámicas del mismo nos sean favorables. Algo que, por lo general, no ocurre sin una planificación.” (Steeringbird, 2021)

El VANE y el TIRE en definitiva son dos herramientas para calcular la viabilidad de un proyecto, independiente de sus características o área de desempeño. Sin embargo, la diferencia radica en que el primero calcula la rentabilidad y el segundo el tiempo que la empresa tardará en recuperar la inversión inicial.

El (SNIP) establece que la rentabilidad de un proyecto de camino rural está determinada por el valor actual de los beneficios directos (VABD), el valor actual de los beneficios sociales (VABS), los valores actuales de la inversión (VAI) y de los costos incrementales de mantenimiento (VACMi) debido al proyecto; según se escribe en la siguiente expresión.

$$VAN = -(VAI + VACMi) + VABD + VABS \quad (1)$$

Cumpléndose los siguientes criterios: Si los flujos de beneficios y costos se descuentan a la tasa de rentabilidad económica (TRE) y el Valor Actual Neto (VANE) es positivo, entonces debería decidirse ejecutar el proyecto. Alternativamente, si la Tasa Interna de Retorno (TIRE) es mayor que la tasa de rentabilidad económica (TRE) [del 8% para el (SNIP)], también debería invertirse. Nótese que la TIRE es la tasa que hace el VANE igual a cero, si los flujos netos de beneficios socioeconómicos están bien comportados.

De la expresión (1) se deduce que los beneficios directos y los sociales son complementarios y sus sumas parciales contribuyen a la rentabilidad del proyecto. Si en el área de influencia del proyecto se reconocen actividades productivas -de bienes o servicios, y los excedentes incrementales valorados en VABD hacen que la TIRE sea igual a la tasa de rentabilidad económica, entonces; no hace sentido económico invertir recursos para valorar los VABS, esto no impide que al menos sean identificados los beneficios sociales. Si por el contrario los VABD no bastan para demostrar la rentabilidad del proyecto, entonces, el cálculo de los VABS se torna primordial.

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación a realizarse será mixta ya que se hará uso de técnicas cuantitativas y cualitativa, con lo que se pretende recurrir a fuentes directas e indirectas, además de elegir las mejores opciones respecto a las diversas fuentes de información.

Esta investigación también es del tipo descriptiva, mediante este tipo de investigación que utiliza el método de análisis y la síntesis se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, como es la construcción del tramo de carretera en el departamento de Carazo, señala características y propiedades del estudio de mercado, técnico y financiero. Además, es del tipo explicativa, porque pretende explicar las

condiciones que puedan suministrarse como resultado del estudio, ya sea su aprobación para la inversión o el rechazo del mismo.

Para el desarrollo del estudio a nivel de prefactibilidad para la construcción del tramo de carretera de pavimento flexible a 1.3 km empalme las esquinas – intersección carretera San Marcos Jinotepe, en el departamento de Carazo. Se empezará explicando brevemente el diseño con el que se abordará cada uno de los objetivos específicos a cumplirse en el mismo.

Análisis de la oferta y demanda:

Para tener una idea clara de la demanda que va a enfrentar el proyecto, se proyecta el TPDA, a partir de la información histórica del comportamiento del mismo que se desarrollara en el estudio técnico de este documento.

También se realiza una caracterización de los usuarios del proyecto, junto con un análisis de los beneficiarios del mismo identificando las principales actividades económicas.

Para la oferta se describe un poco del dueño del proyecto en este caso la institución encargada del mismo y la administración que tendrá este.

Aspectos técnicos para la construcción de la carretera.

Para la obtención del TPDA se realizó un aforo vehicular los 7 días de la semana, durante 12 h al día, desde las 7:00 AM hasta las 7:00PM, tal como lo recomienda la metodología del anuario de aforo de tráfico (Ministerio de transporte e infraestructura (MTI), 2020). Para la recolección de los datos en el conteo, se hará uso del formato mostrado en el **anexo 1**, con la tipología vehicular que establece el MTI.

Para la obtención del TPDA se utilizará la siguiente ecuación.

$$TPDA = TPD * Fd * Ft \quad (2)$$

$$TPD: \frac{\text{cantidad total por tipo de vehículo}}{\text{cantidad de días del aforo}} \quad (3)$$

Donde: tráfico

Donde: tráfico

TPD: tráfico promedio diario durante 12 horas

Fd: factor día

Ft: factor temporada (por expansión del TPDA)

Los factores de expansión Fd y Ft serán obtenidos del anuario de tráfico del ministerio de transporte e infraestructura MTI.

Para realizar una proyección de la demanda se utilizan las tasas de crecimiento con el PIB (producto interno bruto), las tasas de crecimiento interanual se calcularán usando la siguiente ecuación:

$$tc: \left[\left(\frac{\text{Año}_n}{\text{Año}_{n+1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (4)$$

Dónde:

tc: tasa de crecimiento

Año_n: año actual.

Año_{n-1}: año anterior.

Para establecer los aspectos técnicos para la construcción de la carretera se determinara el tamaño y localización del proyecto, para luego con la ingeniería de proyecto se establecerá el proceso constructivo en donde se retomará nuevamente la condición actual de la vía para poder cuantificar la inversión y realizar un estudio socioeconómico para dar una transformación social al proyecto.

Estudio socioeconómico

Y para finalizar en el estudio socioeconómico para determinar la viabilidad del proyecto se utilizarán los indicadores económicos VANE (valor actual neto) y TIRE (tasa interna de retorno). Que según establece él (SNIP) se pueden obtener mediante las siguientes ecuaciones:

$$VANE (r) = -\sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+r^*)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(BLR+B\Delta^+C+BI)_t}{(1+r^*)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(CMtCP-CMtSP)_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (5)$$

Donde:

r^* = tasa de descuento exigida, para nicaragua 8%

$t = 0 \dots m$, período de inversiones

$t = m \dots N$, período de operación

I_t = inversión en cada período

BLR = beneficio por tráfico normal

$B\Delta^+C$ = beneficios por tráfico generado.

BI = beneficio indirecto por trafico desviado

$CMtCP$ = costo de mantenimiento con proyecto

$CMtSP$ = costo de mantenimiento sin proyecto

$$TIRE (p) = -\sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+p^*)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(BLR+B\Delta^+C+BI)_t}{(1+p^*)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(CMtCP-CMtSP)_t}{(1+p)^t} = 0 \quad (6)$$

Donde:

r^* = tasa de descuento exigida, para nicaragua 8%

$t = 0 \dots m$, período de inversiones

$t = m \dots N$, período de operación

I_t = inversion en cada período

BLR = beneficio por tráfico normal

$B\Delta^+C$ = beneficios por tráfico generado.

BI = beneficio indirecto por tráfico desviado

CMtCP = costo de mantenimiento con proyecto

CMtSP = costo de mantenimiento sin proyecto

Cumpliendo las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} & \text{Si } (p) = 0, \text{ entonces, } TIR = p = r; \\ & \{ \text{Si } (p) < 0, \text{ entonces, } TIR = p < r; \\ & \text{Si } (p) > 0, \text{ entonces, } TIR = p > r; \end{aligned}$$

Criterios de Aceptación y rechazo:

- Si la TIRE es mayor que la tasa de descuento el proyecto es aceptable o TIRE mayor a la que exige la inversión.
- Si la TIRE es igual a la tasa de descuento resulta en un efecto neto o el proyecto se puede ejecutar si se hacen ciertas mejoras.

Si la TIRE es menor a la tasa de descuento el proyecto en definitiva se rechaza es decir que ni da la mínima inversión o rentabilidad requerido.

CAPITULO II: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El desarrollo de este capítulo consistirá en describir las características del área de influencia, los diferentes grupos involucrados y el análisis de los problemas existentes en el tramo de camino DIRIAMBÁ-JINOTEPE, con el fin de conocer más a fondo la situación actual del mismo.

2.1 NOMBRE DEL PROYECTO

Construcción de la circunvalación de pavimento flexible entre las ciudades de Diriamba y Jinotepe en el departamento de Carazo.

2.2 OBJETIVOS PRINCIPALES DEL PROYECTO

Con el objetivo de promover la implementación del mejoramiento a las rutas que conectan los departamentos de la zona sur y pacífico con el resto del país.

Para tal fin se han planteado objetivos en el proyecto con el fin de lograr mediante su cumplimiento:

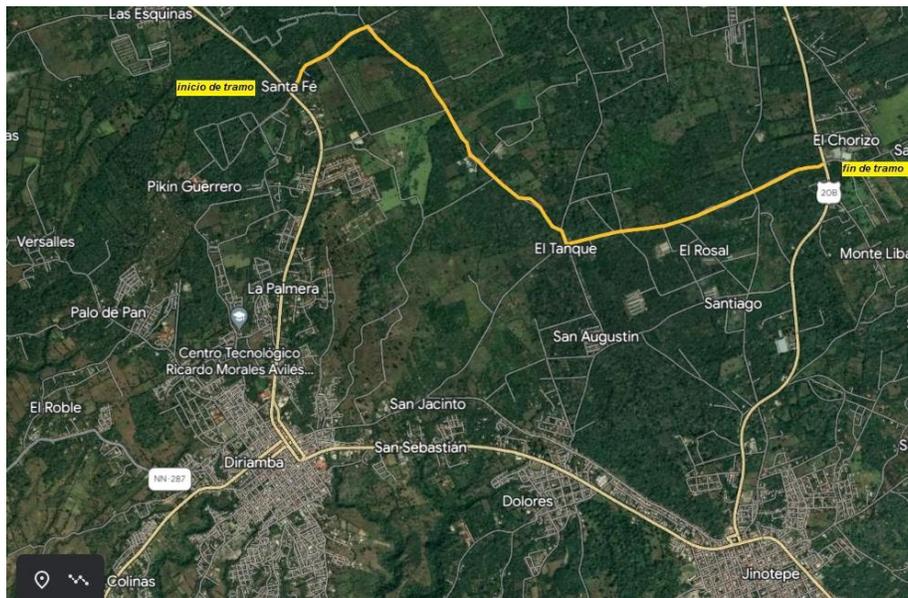
- Reducir los costos de operación vehicular.
- Aumentar las velocidades de circulación.
- Reducir las interrupciones al tránsito.
- Reducir la accidentalidad.
- Fomentar la conservación del patrimonio vial.
- Reducir la vulnerabilidad de la red vial al cambio climático.

2.3 DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El proyecto en estudio se localiza en el departamento de Carazo. En el lugar conocido como triángulo de oro, compuesto por 4 (cuatro) municipios; Diriamba, Dolores, San Marcos y Jinotepe, el cual inicia a 1.30 km después de la intersección de las 4 esquinas, intersección la carretera San Marcos Jinotepe.

Figura 1

Ubicación del tramo a intervenir



Fuente: *Elaboración propia en Google earth*

Figura 2

Vista satelital del inicio de la circunvalación



Fuente: Elaboración propia en Google earth.

Temperatura media

La temperatura promedio anual es de 24.6 C0. Esta se mantiene generalmente uniforme a lo largo del año, alcanzando un valor máximo de 29.5 en el mes de abril del año 2016, y un mínimo de 18.1 en diciembre del mismo año.

Humedad relativa

La humedad relativa promedio anda por 70% reportándose valores máximos de 83% y valores mínimos de 59%.

Velocidad del viento

Las velocidades promedio del viento en la zona de estudio son de 3.00 m/s. registrándose valores máximos en los meses de febrero y marzo alcanzando valores máximos promedios de 4.7 y 4.5 m/s, y velocidades mínimas presentada en el mes de octubre (1.3 m/s), seguida por el mes de septiembre en el que se reportó una velocidad del viento de 1.8 m/s. La dirección predominante del viento (rumbo) fue de componente Este (E). sin embargo, se presentan variaciones en los meses de enero predominando la dirección Noreste (NE), y en septiembre, en el cual la dirección Sureste (SE), prevalece.

Relieve

En el área de influencia del proyecto se presenta en la Provincia de la Costa del Pacífico, en la cual está representada solamente por Meseta de los Pueblos que es una continuación de las Sierras de Managua. La provincia de la costa del Pacifico coincide en gran parte con la cuenca sedimentaria o Cuenca Sandino localizada en el Ante Arco del Pacifico; ubicada entre la depresión (donde se encuentra el Arco Volcánico activo) y la Fosa Mesoamericana (área de la Plataforma del Pacifico). el área del proyecto comprende un relieve plano (planicies aluviales) a Moderado.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El principal problema en el sector se encuentra en el congestionamiento del tráfico que afecta a las ciudades de Diriamba y Jinotepe. Específicamente, en el tramo que va desde el reloj hasta el mercado de Diriamba se presenta un importante problema de congestión vehicular. Esta situación diaria de congestión ha generado accidentes y molestias significativas para los conductores y residentes locales.

Además del congestionamiento, se han identificado otros problemas de transitabilidad en el tramo de estudio. Existen baches y deformaciones en la superficie del pavimento, así como acumulación de material vegetal y desechos a los costados de la carretera. Estos problemas pueden dificultar la transitabilidad de vehículos de carga pesada. Además, en épocas de lluvia, la falta de un revestimiento asfáltico provoca charcos de agua en algunos tramos, lo que hace que partes del camino sean intransitables.

Estos problemas identificados, como los baches, la acumulación de materiales y la falta de revestimiento asfáltico, contribuyen a la reducción de la velocidad de circulación y aumentan el riesgo de accidentes en el tramo de carretera.

2.5 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

2.5.1 Caracterización de los usuarios del proyecto

Según el último censo realizado en el año 2005 a cada uno de los municipios en el área de influencia de la circunvalación ubicados en el departamento de Carazo, se obtuvo como resultado el dato de población que se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 1

Población en los Municipios de Diriamba, Jinotepe y San Marcos

| Municipio | Población | % población urbana | % población rural |
|------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| Diriamba | 57,542 | 52% | 48% |
| Jinotepe | 42,109 | 73% | 27% |
| San Marcos | 29,019 | 45% | 55% |

fuentes: INIDE

Crecimiento poblacional

El crecimiento demográfico poblacional es una variable importante ya que esto incide principalmente en los volúmenes de vehículos de pasajeros. El proyecto se encuentra inserto en el departamento de Carazo, por lo que los usuarios primarios serán la población de dicho departamento.

Figura 5

Población por Orden de Primacía y Tasa de Crecimiento, Según Departamento/Región Autónoma. Censo de 1995-2005

TABLA 1. POBLACIÓN POR ORDEN DE PRIMACÍA Y TASA DE CRECIMIENTO, SEGÚN DEPARTAMENTO / REGIÓN AUTÓNOMA. CENSO DE 1995 Y 2005.

| Departamento/Región Autónoma | Censo 1995 | | | Censo 2005 | | | Tasa de Crecimiento r 1995 - 2005 |
|------------------------------|------------------|--------------|-------------------|------------------|--------------|-------------------|--------------------------------------|
| | Población | % | Orden de Primacía | Población | % | Orden de Primacía | |
| LA REPÚBLICA | 4 357 099 | 100.0 | | 5 142 098 | 100.0 | | 1.7 |
| Managua | 1 093 760 | 25.1 | 1 | 1 262 978 | 24.6 | 1 | 1.4 |
| Matagalpa | 383 776 | 8.8 | 2 | 469 172 | 9.1 | 2 | 2.0 |
| Chinandega | 350 212 | 8.0 | 3 | 378 970 | 7.4 | 3 | 0.8 |
| León | 336 894 | 7.7 | 4 | 355 779 | 6.9 | 4 | 0.5 |
| R.A.A.S. | 271 519 | 6.2 | 5 | 306 510 | 6.0 | 7 | 1.2 |
| Jinotega | 244 022 | 5.6 | 6 | 331 335 | 6.4 | 5 | 3.1 |
| Masaya | 241 354 | 5.5 | 7 | 289 988 | 5.6 | 8 | 1.8 |
| R.A.A.N. | 193 449 | 4.4 | 8 | 314 130 | 6.1 | 6 | 4.8 |
| Estelí | 174 894 | 4.0 | 9 | 201 548 | 3.9 | 10 | 1.4 |
| Nueva Segovia | 162 403 | 3.7 | 10 | 208 523 | 4.1 | 9 | 2.5 |
| Granada | 155 683 | 3.6 | 11 | 168 186 | 3.3 | 11 | 0.8 |
| Carazo | 149 407 | 3.4 | 12 | 166 073 | 3.2 | 12 | 1.1 |
| Chontales | 144 635 | 3.3 | 13 | 153 932 | 3.0 | 14 | 0.6 |
| Rivas | 140 432 | 3.2 | 14 | 156 283 | 3.0 | 13 | 1.1 |
| Boaco | 136 949 | 3.1 | 15 | 150 636 | 2.9 | 15 | 1.0 |
| Madriz | 107 567 | 2.5 | 16 | 132 459 | 2.6 | 16 | 2.1 |
| Río San Juan | 70 143 | 1.6 | 17 | 95 596 | 1.9 | 17 | 3.1 |

Fuente: <https://www.inide.gob.ni/censos2005/MONOGRAFIASD/CHINANDEGA.pdf>

La población de Carazo ha experimentado un crecimiento medio del 1.1% desde el año 1995 al 2005, año en que fue realizado el último censo de población en el país.

Proyección de la población

Haciendo uso de la siguiente ecuación, la población proyectada se calcula de la siguiente manera:

$$P_n = P_o(1 + r)^n$$

Donde:

P_n : Población del año "n".

P_o = Población al inicio del período de diseño.

r = Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal. n = Número de años que comprende el período de diseño.

Es importante mencionar que hemos elegido un periodo de diseño de 20 años como lo recomienda el SIECA (2011) en el cuadro 1.3 mostrado en el anexo 2, basándonos en la

necesidad de la vía y que esta carretera una vez construida vendrá a ser clasificada como una troncal principal.

Tabla 2

Población Proyectada de la Vida Útil del Proyecto

| Año | población |
|------------|------------------|
| 2023 | 166,073 |
| 2024 | 167,900 |
| 2025 | 169,747 |
| 2026 | 171,614 |
| 2027 | 173,502 |
| 2028 | 175,410 |
| 2029 | 177,340 |
| 2030 | 179,290 |
| 2031 | 181,263 |
| 2032 | 183,257 |
| 2033 | 185,272 |
| 2034 | 187,310 |
| 2035 | 189,371 |
| 2036 | 191,454 |
| 2037 | 193,560 |
| 2038 | 195,689 |
| 2039 | 197,842 |
| 2040 | 200,018 |
| 2041 | 202,218 |
| 2042 | 204,442 |

Fuente: elaboración propia

Análisis de los involucrados

A continuación, se muestra una tabla con los principales involucrados en el proyecto.

Tabla 3

Principales Involucrados en el Proyecto

| Grupos | Interés | Problemas | Demanda |
|--|---|---|--|
| Habitantes de la Zona | <ul style="list-style-type: none"> -Reducir el costo de mantenimiento de sus vehículos. -Mayor seguridad a la hora de realizar diligencias. -Mayor valor catastral de sus propiedades. -Movilizarse de manera más rápida -Acceso al drenaje y saneamiento de agua a las comarcas donde pasara la circunvalación. | <ul style="list-style-type: none"> -Inseguridad por los accidentes provocados por conductores con prisa en el congestionamiento. -Camino en mal estado. | <ul style="list-style-type: none"> -Tener un mejor tiempo de viaje. -Realizar sus labores con mayor seguridad - mejorar la calidad de vida |
| Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) | <ul style="list-style-type: none"> -Mejorar la comunicación a través de las vías de acceso. -Mejorar las redes viales del país. -Mejorar la calidad de transporte, la capacidad y la seguridad en el Corredor del proyecto mediante inversiones en infraestructura vial. | <ul style="list-style-type: none"> -Tiempos de viaje. -Acceso a las vías | <ul style="list-style-type: none"> -Asignar presupuesto en el plan de inversiones públicas |

| Grupos | Interés | Problemas | Demanda |
|----------------------------------|--|---|--|
| | -Incrementar los niveles de servicio en la vía. | | |
| Transportistas | -Mejorar el tiempo de viaje y la seguridad de los usuarios. -Brindar un buen servicio a los usuarios. -No se deterioran los vehículos. | -Mayor tiempo de llegada al destino. -Costo de operación | -Proveer un servicio público seguro y costo eficiente. |
| Dueños de vehículos particulares | -Una carretera que ofrezca seguridad y comodidad. -Mejorar los tiempos de viaje. -Ahorro en los costos de manteniendo. | -Mayor tiempo de llegada al destino. -Costo de manteniendo | -Disponibilidad de recursos. |

Fuente: elaboración propia.

Análisis de los beneficiarios.

La población en esta zona puede variar y se compone de residentes locales, trabajadores migrantes y visitantes temporales.

Densidad de población: La densidad de población tiende a ser más alta en las áreas urbanas de San Marcos, Diriamba y Jinotepe, donde se encuentran asentamientos más densamente poblados.

Edad: La estructura de edad puede variar, pero es probable que haya una distribución equilibrada entre diferentes grupos de edad, incluyendo jóvenes, adultos y personas mayores.

Ocupación: Las principales ocupaciones en la zona pueden incluir agricultura, comercio minorista, servicios profesionales, empleo en la industria manufacturera, así como empleo en el sector turístico.

Se pueden identificar dos tipos de beneficiarios: Beneficiarios directos y beneficiarios indirectos.

Los beneficiarios directos son aquellos que experimentan un impacto inmediato y tangible como resultado de la construcción y uso de la carretera, quienes en este proyecto son los siguientes:

1. Residentes locales de la comunidad: Tendrán acceso mejorado a la carretera, lo que facilitará su transporte diario, reducirá los tiempos de viaje y mejorará la conectividad con otras áreas.
2. Empresas y comerciantes locales: La carretera les brindará una mayor accesibilidad para transportar mercancías y productos, permitiéndoles ampliar su mercado y aumentar sus oportunidades comerciales.
3. Agricultores y productores locales: Podrán transportar sus productos agrícolas de manera más eficiente y rápida, llegando a los mercados de manera oportuna y reduciendo las pérdidas por desperdicio.
4. Turistas y visitantes: La carretera mejorará la accesibilidad a destinos turísticos y áreas de interés, lo que podría aumentar el turismo en la región y generar ingresos adicionales para los servicios relacionados con el turismo, como hoteles y restaurantes.

Los beneficiarios indirectos son aquellos cuyos beneficios son derivados o secundarios, y pueden experimentar un impacto a largo plazo como resultado de la construcción de la carretera.

1. Comunidades vecinas: Aunque no sean residentes directos de la comunidad donde se construye la carretera, podrían beneficiarse de manera indirecta al tener una conexión más rápida y eficiente con esa área, lo que facilitaría su acceso a servicios y oportunidades económicas.
2. Proveedores de servicios y productos: Los proveedores de materiales de construcción, combustible, alimentos y otros servicios pueden experimentar un aumento en la demanda de sus productos debido a la construcción y el mantenimiento de la carretera.

3. Autoridades locales: El desarrollo de la infraestructura vial puede generar un incremento en los ingresos fiscales para las autoridades locales a través de impuestos y tasas generadas por el comercio y las actividades económicas relacionadas con la carretera.

Principales actividades económicas

Esta zona alberga diversas actividades económicas que contribuyen al desarrollo de la región. A continuación, se mencionan algunas de las principales:

1. Comercio minorista: En las ciudades de San Marcos, Diriamba y Jinotepe, existen numerosos establecimientos comerciales que ofrecen una variedad de productos y servicios a la población local y a los visitantes. Estos incluyen tiendas de alimentos, restaurantes, tiendas de ropa, ferreterías, farmacias, entre otros.
2. Agricultura y producción agroindustrial: La zona es conocida por su producción agrícola diversa. Se cultivan cultivos como café, maíz, frijoles, hortalizas, frutas y otros productos agrícolas. Además, se desarrollan actividades de procesamiento agroindustrial, como la producción de café tostado, el procesamiento de frutas y la producción de alimentos procesados.
3. Ganadería: La ganadería también juega un papel importante en la economía local. Se crían ganado vacuno, porcino y aves de corral para la producción de carne, leche y productos derivados.
4. Industria manufacturera: En la zona, hay algunas industrias manufactureras que se dedican a la producción de productos como textiles, productos de madera, productos metálicos, productos plásticos y otros bienes manufacturados.
5. Servicios profesionales: Se ofrecen servicios profesionales como consultoría, contabilidad, servicios legales, servicios de diseño y arquitectura, servicios de salud, servicios educativos, entre otros.
6. Turismo: Aunque no está directamente relacionado con el tramo de carretera entre San Marcos, Diriamba y Jinotepe, la región cuenta con atractivos turísticos cercanos, como playas, volcanes, reservas naturales y sitios culturales. El turismo puede ser una actividad económica relevante, ya que atrae visitantes que generan ingresos a través del alojamiento, la gastronomía, las actividades recreativas y la artesanía local.

2.6 ANÁLISIS DE LA OFERTA

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) es la institución gubernamental encargada de la planificación, desarrollo, supervisión y mantenimiento de la infraestructura de transporte en Nicaragua. Como parte del Estado de la República de Nicaragua, el MTI tiene la responsabilidad de promover el desarrollo y la mejora de las carreteras y vías de comunicación en todo el país.

La institución dueña del proyecto es el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) por parte del Estado de la República de Nicaragua. Esta tiene la autoridad para lanzar la oferta y convocar a las diferentes empresas constructoras y consultoras a participar en la licitación. El MTI define los criterios, requisitos y plazos para que las empresas interesadas presenten sus propuestas técnicas y económicas.

Empresas constructoras:

- El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) lanzará la oferta para que las empresas constructoras participen en la licitación del proyecto.
- Las empresas constructoras interesadas deberán cumplir con los requisitos establecidos por el MTI, como experiencia previa en proyectos de construcción de carreteras, capacidad financiera y técnica, y cumplimiento de normas y regulaciones.

Empresas consultoras:

- El MTI también lanzará la oferta para que las empresas consultoras participen en la licitación del proyecto.
- Las empresas consultoras deberán contar con experiencia en estudios de factibilidad, diseño de carreteras y supervisión de proyectos de infraestructura vial.
- Se evaluará la capacidad técnica de las empresas consultoras, su historial de proyectos exitosos y su cumplimiento con las normas y regulaciones aplicables.

Ejecución del proyecto:

- Una vez seleccionadas las empresas constructoras y consultoras a través del proceso de licitación, estas serán responsables de la ejecución y supervisión del proyecto.

- Las empresas constructoras llevarán a cabo la construcción de la carretera de acuerdo con los diseños y especificaciones establecidos por el MTI.
- Las empresas consultoras proporcionarán asesoramiento técnico, realizarán estudios de factibilidad y diseño, y supervisarán el progreso del proyecto para garantizar el cumplimiento de los estándares y plazos establecidos.

Supervisión y coordinación del MTI:

- El MTI desempeñará un papel crucial en la supervisión y coordinación del proyecto.
- Será responsable de asegurar que las empresas constructoras y consultoras cumplan con los términos del contrato y los requisitos establecidos.
- El MTI coordinará con otras entidades gubernamentales y actores relevantes para garantizar una implementación exitosa del proyecto.

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO

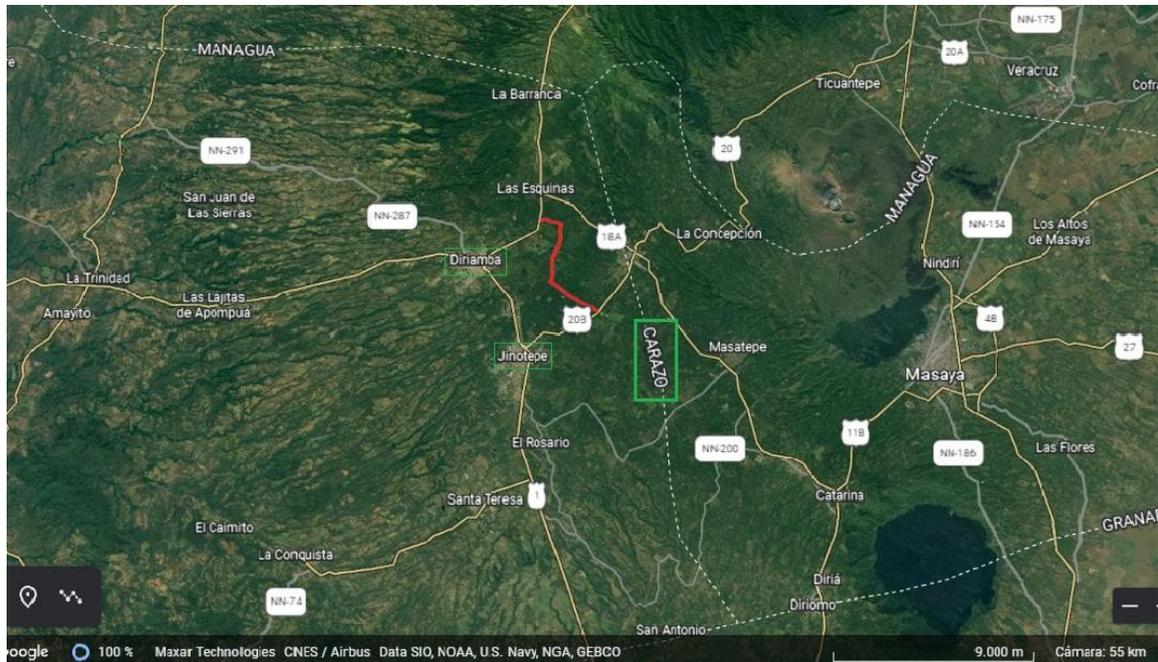
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

3.1.1 Macro localización

El proyecto está macro localizado en la región del pacifico de Nicaragua en el departamento de Carazo.

Figura 6

Macro localización del Departamento de Carazo



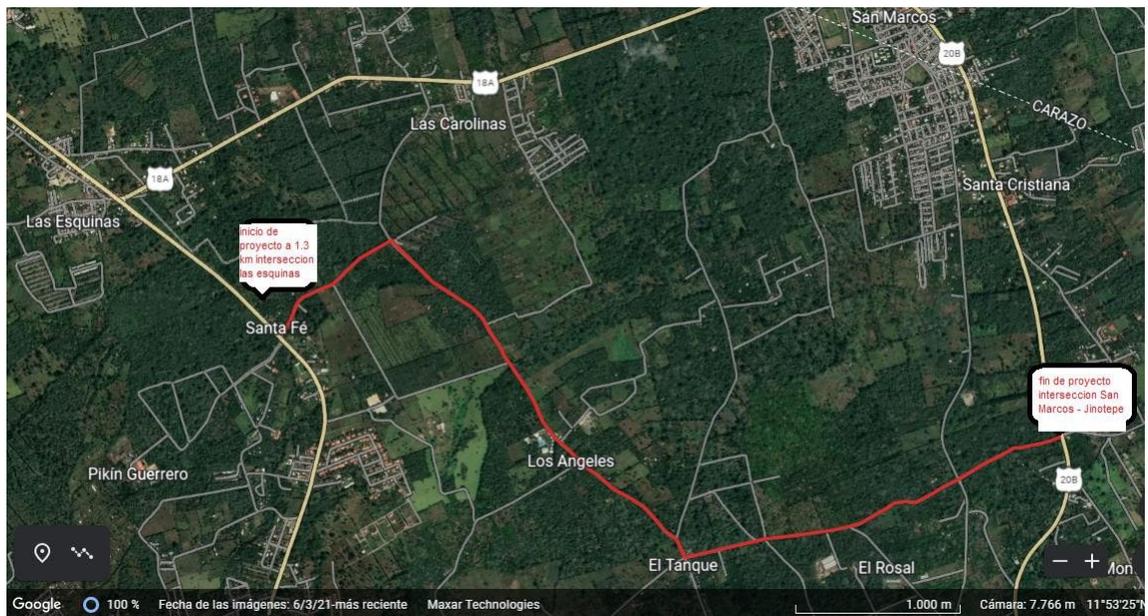
Fuente: Google earth

3.1.2 Micro localización

La micro localización de este proyecto se encuentra entre los municipios de Diriamba, Jinotepe y San Marcos.

Figura 7

Micro localización del Proyecto



Fuente: Google earth.

3.2. INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.2.1 Estudio de tráfico

Tamaño del proyecto

El tamaño se refiere, en un proyecto de infraestructura vial, al nivel de transitabilidad ofrecido por dicha infraestructura, que viene dado por las características técnicas del/los tramo/s a ser construidos, rehabilitados, mejorados o remplazados, según sea el caso. (SNIP)

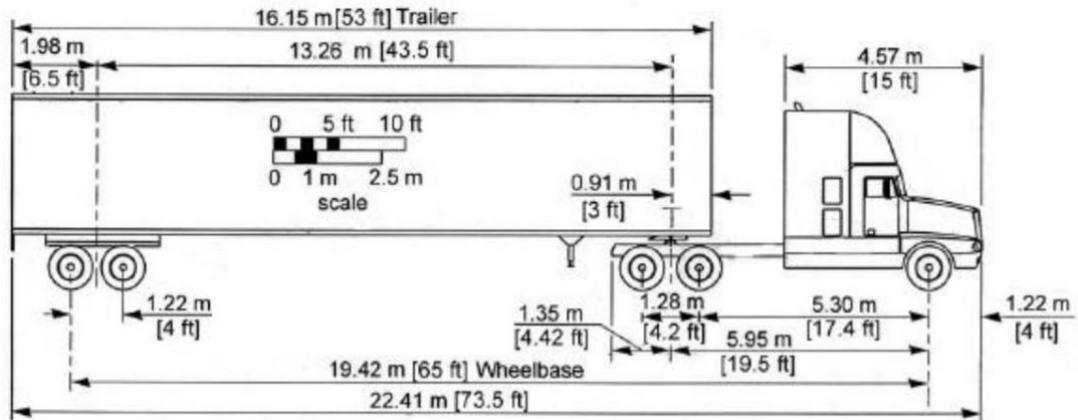
Para determinar el tamaño del proyecto se realizó un conteo vehicular para el tramo Las Esquinas -Diriamba y para el tramo San Marcos – Jinotepe. Con los datos obtenidos en dicho conteo, se procede a realizar el cálculo del TPDA.

Se debe seleccionar el vehículo con pesos y dimensiones representativas, para establecer controles de diseño geométrico, el cual debe tener dimensiones físicas mayores y radios mínimos de giro de mayor amplitud que la mayoría de vehículos.

Las Políticas de Diseño Geométrico de la AASHTO 2001 establecen que el Camión WB-20 (WB-65 o 67) debe ser el vehículo de diseño de tamaño mínimo en autopistas o calles industrializadas que proveen acceso a camiones articulados. En el proyecto, se debe utilizar este tipo de vehículo de diseño por sus características propias de corredor de carga internacional.

Figura 8

Políticas de Diseño Geométrico de la AASHTO 2001, Camión WB-20 (WB-65 o 67)



Fuente: (AASHTO)

Figura 9

Recorrido de Giro Mínimo para Semirremolque Interestatal

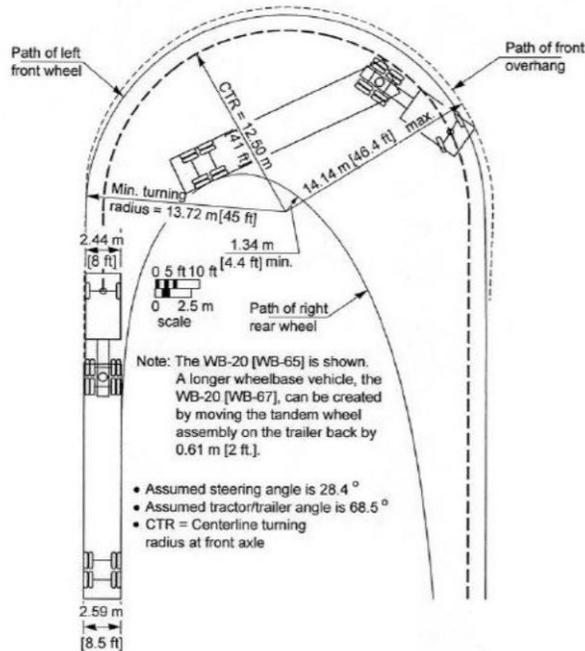


Exhibit 2-16. Minimum Turning Path for Interstate Semitrailer (WB-20 [WB-65 and WB-67]) Design Vehicle

Fuente: (AASHTO)

Características físicas del tramo

Actualmente es un camino en mal estado con baches, cárcavas y surcos transversales y longitudinales, provocados por escorrentías superficiales. La sección actual posee un ancho promedio de rodamiento que oscila entre 3.00 metros a 4.50 metros y la longitud del tramo es de 6 km. El camino se puede transitar en vehículos de doble tracción. Las velocidades en que se transita el camino actualmente varían de los 30 a 40 km/h y dependiendo también de la temporada ya que, si está lloviendo, este en algunos puntos, puede llegar a ser intransitable.

Este camino se localiza en un terreno con topografía que va de plano a Semi ondulado, cuyas pendientes promedio es de 5.07%.

El trazado de ruta en su mayor longitud atraviesa caminos que solo han sido transitados a pies o en mulas, por lo que la capa de rodamiento es suelo natural con abundante vegetación. La superficie se encuentra revestida con material selecto y suelo natural como se mencionó anteriormente presentando pérdidas del mismo, pronunciándose sobre la superficie de rodamiento, baches, cárcavas y surcos transversales y longitudinales.

Agua y saneamiento

En las comarcas aledañas por las que pasará esta carretera no se cuenta con el servicio de agua ya que son zonas rurales de difícil acceso.

Este tramo de camino no cuenta obras hidráulicas de drenaje menor (alcantarillas) y cunetas.

En la inspección de campo realizada en el tramo en estudio, se identificó que éste no posee obras de drenaje ni longitudinales ni transversales, por tanto, podemos afirmar que el sistema de drenaje está constituido únicamente por cunetas en estado natural y la pendiente transversal del rodamiento.

En el tramo existen obstáculos dentro el derecho de vía (20 metros a cada lado de la línea central de la carretera); estos pueden ser: viviendas, letrinas, tomas de agua, pozos, cercos, etc. Estos deberán de ser removido según se amerite.

Es importante decir que un proyecto de infraestructura vial la motivación principal muchas veces es el mal estado del camino o carretera, pero también debe recordarse que hay proyectos de oportunidad 11 (estratégicos), cuyo objetivo es mejorar la accesibilidad entre orígenes y destinos con determinado potencial productivo-económico; y con el proyecto se reducirían los costos de transporte. De hecho, ese el objetivo de cualquier proyecto de infraestructura vial: reducir los costos de operación vehicular y los costos de tiempo de viaje

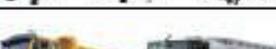
3.2.2 Tránsito promedio diario anual TPDA

Para la obtención del TPDA se realizó un aforo vehicular los 7 días de la semana durante 12 h al día, desde las 7:00 AM hasta las 7:00PM, así como lo recomienda la metodología del anuario de aforo de tráfico (Ministerio de transporte e infraestructura (MTI), 2020).

La tipología vehicular es contabilizada tomando en consideración la clasificación vehicular que publica el MTI en el Anuario de Trafico del año 2020, la cual se presenta en la siguiente figura.

Figura 10

Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la Oficina de Diagnostico, Evaluación de Pavimentos y Puentes

| CLASIF. VEHICULAR | TIPOS DE VEHICULOS | ESQUEMA VEHICULAR | DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR |
|------------------------|--|---|--|
| VEHICULOS DE PASAJEROS | MOTOCICLETAS |  | Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracilos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor. |
| | AUTOMOVILES |  | Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon. |
| | JEEP |  | Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC. |
| | CAMIONETA |  | Son todos aquellos tipos de vehículos con lina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga. |
| | MICROBUS |  | Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados. |
| | MINIBUS |  | Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados. |
| | BUS |  | Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas. |
| VEHICULOS DE CARGA | LVIANO DE CARGA |  | Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas. |
| | CAMIÓN DE CARGA C2 - C3 |  | Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana. |
| | CAMIÓN DE CARGA PESADA T _x -S _x =4 |  | Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T _x -S _x =4. |
| | T _x -S _x =5 |  | Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes. |
| | C _x -R _x =4 |  | Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C _x -R _x =4 |
| | C _x -R _x =5 |  | Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes. |
| EQUIPO PESADO | VEHICULOS AGRICOLAS |  | Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras) |
| | VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN |  | Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras. |
| OTROS | REMOLQUES Y/O TRAILERS |  | Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semoventes). |

Fuente: Anuario de aforo de tráfico MTI 2020

Al igual se hizo uso de un formato que se aprecia en el anexo 1, donde se muestra la clasificación anterior para la recolección de los datos en el conteo vehicular.

El aforo se realizó al inicio del proyecto intersección las esquinas – Diriamba en la carretera panamericana.

Para la obtención del TPDA se hizo uso de los factores de expansión que proporciona el anuario de aforo del MTI a la estación de mayor cobertura (EMC) correspondiente.

Para el aforo realizado en la intersección las esquinas – Diriamba se utilizaron los siguientes factores de expansión:

Figura 11

Factores de Expansión Utilizados en el Aforo Realizado en la Intersección Las Esquinas

| ESTACION DE MAYOR COBERTURA 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-------|------|-----------|-----------|----------|------|-----------|------|------|----------|---------|---------|---------|-----|-----|-------|
| ENTRADA AL INCAE-CRUCERO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FACTORES - 2020 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factores del primer cuatrimestre del año de Enero-Abril | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción | Moto | Carro | Jeep | Camioneta | Micro Bus | Mini Bus | Bus | Liv. 2-5t | C2 | C3 | Tx-Sx<=4 | Tx-Sx>5 | Cx-Rx<4 | Cx-Rx>5 | V.A | V.C | Otros |
| Factor Expansión a TPDA | 0.98 | 1.19 | 1.20 | 1.12 | 1.25 | 1.06 | 1.04 | 1.02 | 1.05 | 0.87 | 1 | 1.39 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.88 |

Fuente: Anuario de aforo de tráfico MTI 2020

A continuación, se muestra una tabla con los resultados del aforo y la aplicación de los factores de expansión para el resultado del TPDA.

- TPDA las esquinas – Diriamba

Figura 12

Resultado de Aforo y Aplicación de los Factores de Expansión para el Resultado del TPDA

| Día | bicicleta | vehículo liviano | | | | vehículo de pasajero | | | vehículo de carga | | | | | pesado VA | otros | total |
|------------------------|-----------|------------------|-------------|------------|-------------|----------------------|------------|------------|-------------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|
| | | moto | auto | jeep | camioneta | Mbus | Mbus>15 | bus | C2 liv | C2>5 ton | C3 | TxSx 4 | TxSx 5 | | | |
| jueves 10/03/2022 | 159 | 1637 | 1485 | 364 | 997 | 554 | 97 | 106 | 301 | 238 | 20 | 19 | 87 | 1 | 24 | 5930 |
| viernes 11/03/2022 | 177 | 1577 | 1698 | 461 | 1121 | 555 | 89 | 92 | 316 | 268 | 60 | 28 | 84 | | 15 | 6364 |
| sabado 12/03/2022 | 184 | 1897 | 1949 | 488 | 1168 | 567 | 119 | 116 | 281 | 204 | 42 | 73 | 86 | 2 | 36 | 7028 |
| domingo 13/03/2022 | 172 | 1329 | 1539 | 403 | 917 | 422 | 52 | 83 | 140 | 61 | 6 | 54 | 121 | | 1 | 5128 |
| lunes 14/03/2022 | 179 | 1884 | 1795 | 527 | 1211 | 573 | 131 | 113 | 235 | 219 | 49 | 69 | 139 | 2 | 19 | 6966 |
| martes 15/03/2022 | 201 | 1794 | 1790 | 492 | 1049 | 591 | 103 | 107 | 299 | 293 | 52 | 33 | 113 | 1 | 29 | 6746 |
| miércoles 16/03/2022 | 135 | 1765 | 1749 | 559 | 1182 | 552 | 172 | 119 | 241 | 259 | 57 | 40 | 97 | 1 | 26 | 6819 |
| TPDS 12 h | 172 | 1698 | 1715 | 471 | 1092 | 545 | 109 | 105 | 259 | 220 | 41 | 45 | 104 | 1 | 21 | 6425.857 |
| aplicacion factor dia | | 2122 | 2161 | 569 | 1321 | 676 | 122 | 123 | 321 | 278 | 59 | 45 | 165 | 1 | 23 | 7986 |
| aplicacion factor tpda | | 2080 | 2571 | 683 | 1480 | 845 | 129 | 128 | 328 | 291 | 51 | 45 | 230 | 1 | 20 | 8882 |
| %tpda | | 23% | 29% | 8% | 17% | 10% | 1% | 1% | 4% | 3% | 1% | 1% | 3% | 0% | 0% | |
| % | | 77% | | | | 12% | | | 11% | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

3.2.3 Proyección del crecimiento vehicular.

Para la estimación de las tasas de crecimiento del tráfico normal de los tramos aportadores del tráfico atraído se ha considerado el análisis del comportamiento de una serie de variables socioeconómicas de importancia, entre ellas el crecimiento económico nacional (PIB), crecimiento vehicular de los tramos en estudio y de las EMC asociadas. Asimismo, se analizó el crecimiento poblacional y el parque vehicular dentro del área de influencia del proyecto.

Se analizó el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) del país, ya que es una medida del valor de la actividad económica del país, que incluye la producción, que da paso a las exportaciones, y el consumo, que da paso a las importaciones.

Figura 13

Tasas de Crecimiento del PIB

| PIB (precios constantes) | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Año | % de crecimiento |
| 2019 | -3.90% |
| 2018 | -4.00% |
| 2017 | 4.60% |
| 2016 | 4.60% |
| 2015 | 4.8% |
| 2014 | 4.8% |
| 2013 | 4.92% |
| 2012 | 6.49% |
| 2011 | 6.31% |
| 2010 | 4.41% |
| 2009 | -3.29% |
| 2008 | 3.43% |
| 2007 | 5.07% |
| 2006 | 3.80% |
| Promedio | 3.00% |

Fuente: www.bcn.gob.ni

La tasa media es del 3.00%, incluyendo el dato publicado del año 2019.

Figura 14

Tasa Obtenida del Manual de Aforo de Trafico (Ministerios de Transporte e infraestructura (MTI), 2020) para la Estación de Mayor Cobertura

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------|------|-----|---------------------|-------------------------|-----------|------|------|------------|------|-----|------------|-----|-----|----|----|----|---|----|-------|-------|
| 143 | Nic-208 | 2001 | ECD | San Marcos-Jinotepe | 2020 | 2178 | 1912 | 138 | 1351 | 785 | 59 | 140 | 306 | 83 | 33 | 21 | | | 1 | 7.007 | |
| | | | | | 2017 | 1575 | 1090 | 623 | 831 | 1116 | 36 | 145 | 162 | 74 | 1 | 3 | | | | 5.656 | |
| | | | | | 2013 | 1479 | 1426 | 527 | 990 | 1033 | 10 | 82 | 300 | 142 | 15 | 3 | | | 10 | 6.017 | |
| | | | | | 2010 | 806 | 1377 | 422 | 988 | 890 | 22 | 84 | 202 | 110 | 10 | 12 | | | 5 | 4.928 | |
| | | | | | 2008 | 561 | 1193 | 354 | 977 | 1010 | 10 | 98 | 193 | 146 | 11 | 6 | | | 5 | 4.564 | |
| | | | | | 2006 | 242 | 1269 | 314 | 866 | 683 | 31 | 102 | 195 | 98 | 18 | 21 | 1 | | 4 | 3.844 | |
| | | | | | 2005 | 202 | 545 | 194 | 678 | 486 | 4 | 78 | 144 | 117 | 4 | 0 | | | 1 | 2.452 | |
| | | | | | 2002 | 223 | 1089 | 408 | 1090 | 749 | 11 | 95 | 181 | 130 | 15 | 13 | | | 19 | 4.023 | |
| | | | | | 1999 | 201 | 1011 | 343 | 968 | 394 | 12 | 117 | 180 | 127 | 14 | 4 | 2 | 1 | 6 | 3.382 | |
| | | | | | 1997 | 188 | 819 | 356 | 777 | 159 | 11 | 109 | 178 | 128 | 16 | 6 | 7 | | 13 | 2.767 | |
| | | | | | EMC: 401 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Tasa Crecimiento: 3.01% | 2020 | 2178 | 1912 | 138 | 1351 | 785 | 59 | 140 | 306 | 83 | 33 | 21 | | | 1 | 7.007 |
| | | | | | | Liv. 5579 | | | Pasaj. 984 | | | Pesado 444 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 80% | | | 14% | | | 6% | | | | | | | | | |

Fuente: Anuario de aforo de tráfico MTI 2020

Donde se observa que nos da una tasa de crecimiento del 3.01%

Y la tasa de crecimiento poblacional descrita anteriormente del 1.1%.

Para el cálculo de la proyección se hace uso de la siguiente formula:

$$Pn = Po(1 + r)^n$$

Donde:

Po: población vehicular inicial.

r: tasa de crecimiento vehicular.

n: tiempo transcurrido.

Para la proyección vehicular haremos uso de la tasa de crecimiento que nos brinda el anuario de aforo del MTI de 3.01% ya que al ser la tasa más grande nos ayuda a tener un estimado más cerca de la realidad por lo que la carretera como anteriormente se ha mencionado será clasificada como troncal principal.

En la siguiente tabla se muestra el comportamiento del TPDA haciendo uso de la formula anterior, para un horizonte de vida útil de 20 años.

Tabla 4*Proyección para la intersección Las Esquinas – Diriamba*

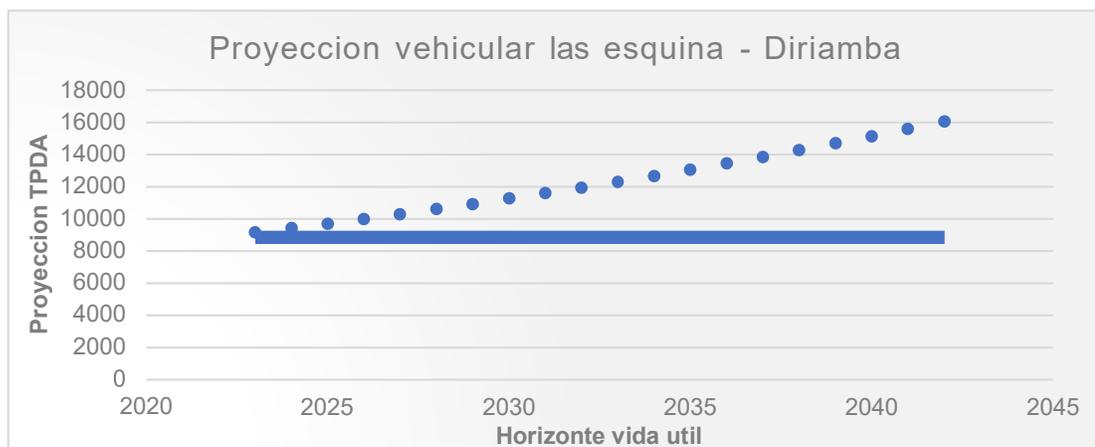
| | TPDA |
|------|-------------|
| 2023 | 9149 |
| 2024 | 9425 |
| 2025 | 9708 |
| 2026 | 10001 |
| 2027 | 10302 |
| 2028 | 10612 |
| 2029 | 10931 |
| 2030 | 11260 |
| 2031 | 11599 |
| 2032 | 11948 |
| 2033 | 12308 |
| 2034 | 12678 |
| 2035 | 13060 |
| 2036 | 13453 |
| 2037 | 13858 |
| 2038 | 14275 |
| 2039 | 14705 |
| 2040 | 15147 |
| 2041 | 15603 |
| 2042 | 16073 |

Fuente: elaboración propia

Se obtuvo un TPDA de 8882 para el año 2022 recopilados en la intersección las esquinas - Diriamba donde inicia la circunvalación; el conteo se realizó exactamente 2 km después de las esquinas hacia Diriamba.

Figura 15

Crecimiento Vehicular en la Vida Útil del Proyecto



Fuente: elaboración Propia.

3.2.4 Velocidades

Se efectuó el estudio de velocidades entre los días 14 al 16 de marzo de 2022, adicionalmente se realizó un levantamiento el día 13 de junio de 2022.

Se muestra a continuación un resumen de las velocidades obtenidas, por sentido de viaje.

Tabla 5

Resumen de las Velocidades Obtenidas por Sentido de Viaje

| No. | sentido | longitud (km) | tiempo de viaje | velocidad (km/h) |
|-----------------|---|---------------|-----------------|------------------|
| 1 | inicio circunvalacion-fin de circunvalacion | 6.00 | 0.15 | 38.48 |
| 2 | inicio circunvalacion-fin de circunvalacion | 6.00 | 0.15 | 39.77 |
| 3 | inicio circunvalacion-fin de circunvalacion | 6.00 | 0.16 | 36.41 |
| 4 | fin de circunvalacion-inicio circunvalacion | 6.00 | 0.18 | 32.66 |
| 5 | fin de circunvalacion-inicio circunvalacion | 6.00 | 0.14 | 42.66 |
| 6 | fin de circunvalacion-inicio circunvalacion | 6.00 | 0.15 | 40.79 |
| 7 | inicio circunvalacion-fin de circunvalacion | 6.00 | 0.15 | 40.97 |
| 8 | inicio circunvalacion-fin de circunvalacion | 6.00 | 0.14 | 44.16 |
| 9 | inicio circunvalacion-fin de circunvalacion | 6.00 | 0.14 | 43.6 |
| 10 | fin de circunvalacion-inicio circunvalacion | 6.00 | 0.15 | 38.95 |
| 11 | fin de circunvalacion-inicio circunvalacion | 6.00 | 0.17 | 34.48 |
| 12 | fin de circunvalacion-inicio circunvalacion | 6.00 | 0.17 | 36.14 |
| promedio | | 6.00 | 0.15 | 39.09 |

Fuente: elaboración propia.

Los resultados nos indican que las velocidades son bajas, por transitar dentro de la zona urbana de Diriamba y Jinotepe, 39 km/h. Las principales causas de demoras son

Diriamba: Peatonales, caponeras, derivado del paso por la zona urbana y mercado municipal.

El tramo Diriamba - Jinotepe es un tramo estratégico que permite el tránsito desde la capital y resto del país hacia la frontera sur con la república de Costa Rica, de igual manera es la ruta de comunicación hacia el departamento de Rivas, en el que se incluyen destacados destinos turísticos como San Juan del Sur, San Jorge, Tola, Isla de Ometepe, entre otras.

3.2.5. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento de 6 puntos (PB-GPS) que serán enlazados a la red Geodésica Nacional, contando con los puntos de Control Base, que tendrán las coordenadas Geodésicas tridimensionales (x, y, z); trasladadas; para lo cual se ejecutó las siguientes acciones, a través de Trabajos de campo y la Etapa de Gabinete:

Tabla 6

Levantamiento de Seis Puntos

| Descripción | Norte | Este | Elevación |
|-----------------|----------------|--------------|-----------|
| GPS – 1 | 1,327,573.0435 | 577,572.2642 | 929.624 |
| GPS – 2 | 1,327,618.2772 | 577,729.3558 | 924.797 |
| GPS – 7 | 1,330,193.8487 | 578,116.0496 | 618.414 |
| GPS – 8 | 1,330,542.7511 | 578,041.7746 | 594.608 |
| GPS – 9 | 1,335,026.8318 | 577,389.0251 | 375.728 |
| GPS – 10 | 1,335,118.7889 | 577,398.3511 | 374.296 |

Fuente: *elaboración propia.*

De igual forma con el fin de conocer de mejor manera la topografía del terreno se tomaron en campo 75 puntos de referencias (BM) ubicados en diferentes puntos del tramo del proyecto.

Tabla 7*75 puntos de Referencia Topográfica*

| No. Punto | Este | Norte |
|------------------|-------------|--------------|
| GPS1=BM1 | 582968.63 | 1314414.599 |
| GPS2=BM2 | 583007.68 | 1314349.409 |
| BM3 | 583010.91 | 1314385.196 |
| BM4 | 583076.6 | 1314490.369 |
| BM5 | 583093.53 | 1314562.778 |
| BM6 | 583131.33 | 1314610.451 |
| BM7 | 583356.95 | 1314715.006 |
| BM8 | 583477.49 | 1314842.804 |
| BM9 | 583683.71 | 1314959.091 |
| BM10 | 583784.32 | 1314834.212 |
| BM11 | 583956.35 | 1314687.607 |
| BM12 | 584183.23 | 1314546.695 |
| BM13 | 584232.1 | 1314496.303 |
| BM14 | 584298.19 | 1314366.751 |
| BM15 | 584339.58 | 1314317.591 |
| BM16 | 584421.49 | 1314186.411 |
| BM17 | 584466.62 | 1314124.099 |
| BM18 | 584514.57 | 1314004.786 |
| BM19 | 584578.68 | 1313940.044 |
| BM20 | 584620.04 | 1313833.497 |
| BM21 | 584730.19 | 1313708.45 |
| BM22 | 584847.62 | 1313622.204 |
| BM23 | 584904.19 | 1313553.104 |
| BM24 | 584982.47 | 1313500.181 |
| BM25 | 585045.75 | 1313439.305 |
| BM26 | 585210.46 | 1313358.299 |
| BM27 | 585257.48 | 1313316.654 |
| BM28 | 585365.37 | 1313174.253 |
| BM29 | 585444.85 | 1313130.064 |
| BM30 | 585484.98 | 1313012.172 |
| BM31 | 585863.97 | 1313113.144 |
| BM32 | 585999.59 | 1313136.486 |
| BM33 | 586389.21 | 1313181.833 |
| BM34 | 586555.18 | 1313218.735 |

| No. Punto | Este | Norte |
|------------------|-------------|--------------|
| BM35 | 586727.35 | 1313323.894 |
| BM36 | 586833.67 | 1313358.446 |
| BM37 | 586917.19 | 1313356.652 |
| BM38 | 587070.87 | 1313443.63 |
| BM39 | 587279.65 | 1313552.251 |
| BM40 | 587325.53 | 1313589.707 |
| BM41 | 587412.6 | 1313644.153 |
| BM42 | 587496.92 | 1313684.874 |
| BM43 | 587783.32 | 1313738.779 |
| BM44 | 587839.11 | 1313775.109 |
| BM45 | 587942.81 | 1313799.395 |
| BM46 | 588041.25 | 1313776.17 |
| BM47 | 588149.22 | 1313771.413 |
| BM48 | 588223.19 | 1313781.74 |
| BM49 | 588433.62 | 1313879.955 |
| BM50 | 588717.66 | 1313479.316 |
| BM51 | 588847.9 | 1313304.067 |
| BM52 | 589079.92 | 1312975.937 |
| BM53 | 589189.35 | 1312829.061 |
| BM54 | 589292.44 | 1312680.067 |
| BM55 | 589522.62 | 1312361.907 |
| BM56 | 589554.73 | 1312319.558 |
| BM57 | 589722.04 | 1312008.276 |
| BM58 | 589791.58 | 1311891.884 |
| BM59 | 589838.6 | 1311798.902 |
| BM60 | 589779.48 | 1311741.581 |
| BM61 | 589806.25 | 1311707.886 |
| BM62 | 589866.89 | 1311716.983 |
| BM63 | 589921.68 | 1311750.011 |
| BM64 | 590011.25 | 1311773.837 |
| BM65 | 590042.94 | 1311783.463 |
| BM66 | 590153.73 | 1311717.472 |
| BM67 | 590203.42 | 1311620.224 |
| BM68 | 590268.1 | 1311504.475 |
| BM69 | 590308.68 | 1311436.822 |
| BM70 | 590326.33 | 1311395.443 |
| BM71 | 590442.07 | 1311346.489 |

| No. Punto | Este | Norte |
|-----------|-----------|-------------|
| BM72 | 590477.42 | 1311265.203 |
| BM73 | 590520.23 | 1311176.05 |
| BM74 | 590603.23 | 1311027.321 |
| BM75 | 590679.16 | 1310892.44 |

Fuente: elaboración propia.

El tramo se caracteriza por tener topografía de plana a semi ondulada, cuyas pendientes promedio es de 5.07%.

El levantamiento general de la topografía del terreno se realizó para determinar los accidentes del mismo, longitudes reales del proyecto y estructuras existentes (drenaje mayor y menor)

- Levantamiento de la línea central: establecida la poligonal base se procedió a levantar la línea central existente del proyecto y los ejes de los accesos o caminos que convergen a la vía principal.
- Levantamiento de perfiles: el levantamiento del perfil se efectuó sobre el eje de la carretera con espaciamentos de 20m a lo largo de toda la carretera.
- Secciones transversales: se tomaron secciones transversales perpendiculares al eje de la carretera cada 20 m extendidas hasta el derecho de vía a lo largo de todo el proyecto, incluyendo también secciones donde las condiciones topográficas lo exigían.
- Levantamiento del derecho de vía y otros detalles: este trabajo consistió en el levantamiento de todas las construcciones, propiedades, caminos de acceso, postes para tendido eléctrico y telefónico, arboles, aceras, cunetas, etc.... que permiten elaborar los planos de afectaciones que justifican las adquisiciones que tendrá que hacer el Gobierno para poseer el derecho de vía.

El detalle de este levantamiento topográfico se puede ver de mejor manera en los planos en **anexo 3**.

3.2.6. Estudio geotécnico

El proyecto general incluye una travesía rural entre el municipio de Diriamba y Jinotepe indirectamente las siguientes comarcas/comunidades, santa fe, las carolinas, los ángeles, el tanque, el rosas, Santiago y el choro.

El trazado de ruta en su mayor longitud atraviesa caminos que solo han sido transitados a pies o en mulas, por lo que la capa de rodadura es suelo natural con abundante vegetación, la cual es compuesta por suelos sedimentarios erosionados con presencias de surcos, cárcavas y baches, provocadas por escorrentías superficiales

Geológicamente el proyecto está ubicado en la provincia Meridional del sur de Nicaragua, constituido por una corteza oceánica cretácica o basamentos de rocas ígneas, cubierto donde se presentan vulcanismos terciarios y un sin número de rocas metamórficas entre las que destacan esquistos, grafitosos, esquistos micáceos y filitas, rocas que presentan laminaciones y bandeadas, todas estas superpuestas por sedimentos marinos y volcánicos terciarios.

Estructuralmente esta provincia presenta fuerzas de compresión y extensión que da origen a debilidades estructurales llamado pliegues, originados principalmente en taludes que presenta características de dichas rocas que al ir meteorizándose llegan a degradarse en arenas cuarcíferas y suelos sueltos y arcillosos.

El muestreo de los suelos in situ, es de gran importancia, para el diseño de una estructura de pavimento, como son la clasificación y los ensayos de resistencia. Si la información recopilada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de los ensayos no serán los correctos, por esta razón la investigación y muestreo de los suelos se debe de realizar con precisión.

Se realizaron sondeos manuales para el estudio del tramo, se excavaron un total de 30 (treinta), sondeos manuales a cada 200 m, en zonas de ampliación a 1.5 m de profundidad, alternados derecha, izquierda y centro.

Se obtuvieron muestras representativas de cada uno de los estratos encontrados, estas fueron extraídas de forma tal que se evitó la contaminación de las muestras de suelos adyacentes o subyacentes. La identificación de las muestras de suelos se realizó inmediatamente luego de ser tomada. Todas las muestras fueron identificadas

visualmente, la descripción anotada incluyó la caracterización de los materiales dentro de las gravas, arena, limos o arcillas, de acuerdo al contenido y distribución apreciable de las partículas constituyentes, así como es contenido del material plástico.

Las propiedades físicas, incluyen el contenido de agua In Situ (humedad natural), la distribución granulométrica de las partículas (granulometría), los límites de Atterberg (L.L, L.P, I.P) y la clasificación de las muestras desde el punto de vista de las vías terrestres.

Los ensayos realizados en el laboratorio son los siguientes:

Tabla 8

Ensayos Realizados en el Laboratorio

| nombre del ensayo | norma ASTM o AASHTO |
|--------------------------|----------------------------|
| Granulometría | ASTM D-422 o AASHTO T-88 |
| limite liquido | ASTM D-423 o AASHTO T-89 |
| limite plástico | ASTM D-424 o AASHTO T-90 |
| Clasificación HRB | ASTM D-3282 o AASHTO T-145 |
| Proctor estándar | ASTM D-698 o AASHTO T-99 |
| CBR | ASTM D-1883 o AASHTO T-193 |
| humedad natural | ASTM D-2216 |

Fuente: elaboración propia.

Se realizaron los ensayos de laboratorio de aproximadamente en los 6 Km, los cuales se realizaron 30, sondeos agrupándose 46 muestras, en zona de ampliación clasificándose según AASHTO M 145. Se trabajaron los suelos tipo A-1-b, A-2-4, A-4, A-5, A-7-6.

Obteniéndose de cada grupo los valores de CBR (%) compactados al 90%, 95%, y 100%. Para los mismos suelos la prueba de CBR proporciona la expiación de los materiales. Así mismo mediante la prueba de la AASHTO Estándar, se obtuvo el Peso Volumétrico Seco Máximo, kg/cm³, y el valor de la Humedad Óptima, Wo (%).

Para la determinación de los CBR en la zona de ampliación se seleccionaron sondeos a cada 500 metros y en la línea central a cada 3.00 km, realizando CBR a todos los estratos encontrados en el sondeo. De los diferentes tipos de suelos, y se tomaron muestras, de los cuales se determinaron los CBR a compactaciones del 90%, 95%, 100%.

Tabla 8*Comportamiento de la Sub-Rasante Existente (Zona de Aplicación)*

| Comportamiento de la sub – Rasante existente (Zona de Aplicación) | | | | |
|---|--|--|--|-----|
| Clasificación según AASHTO | Agrupación de muestras según su clasificación | % de las muestras, Según su clasificación | % Según los tipos de suelos | |
| <i>A-1-b (0)</i> | 5 | 11 | 17 | A-1 |
| <i>A-1-b (1)</i> | 3 | 7 | | |
| <i>A-2-4 (0)</i> | 10 | 22 | 22 | A-2 |
| <i>A-4 (0)</i> | 1 | 2 | 2 | A-4 |
| <i>A-5 (2)</i> | 13 | 28 | 43 | A-5 |
| <i>A-5 (4)</i> | 3 | 7 | | |
| <i>A-5 (5)</i> | 1 | 2 | | |
| <i>A-5 (25)</i> | 1 | 2 | | |
| <i>A-5 (28)</i> | 1 | 2 | | |
| <i>A-5 (46)</i> | 1 | 2 | | |
| <i>A-7-5(16)</i> | 7 | 15 | 15 | A-7 |
| <i>Total</i> | 46 | 100 | 100 | 4 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10*Clasificación de los Sondeos Manuales*

| Estación | Banda | Sondeo | Muestra | Profundidad (cm) | Limites de Atterberg | | Clasificación AASHTO |
|----------|-------|--------|---------|------------------|----------------------|-----|----------------------|
| | | Nº | Nº | | L.L | I.P | |
| 0+000.00 | DER | 1 | 1 | 0-60 | 66 | 5 | A-5(2) |
| | | | 2 | 60-150 | 44 | 4 | A-2-4(0) |
| 0+200.00 | B/I | 2 | 1 | 0-150 | 68 | 22 | A-7-5(16) |
| 0+400.00 | L/C | 3 | 1 | 0-90 | 41 | 6 | A-1-b(0) |
| | | | 2 | 90-150 | 66 | 23 | A-7-5(16) |
| 0+600.00 | DER | 4 | 1 | 0-150 | 55 | 6 | A-5(4) |
| 0+800.00 | IZQ | 5 | 1 | 0-150 | 56 | 5 | A-5(4) |
| 1+000.00 | L/C | 6 | 1 | 0-150 | 65 | 4 | A-5(2) |
| 1+200.00 | DER | 7 | 1 | 0-150 | 66 | 5 | A-5(2) |
| 1+400.00 | IZQ | 8 | 1 | 0-150 | 65 | 4 | A-5(2) |
| 1+600.00 | L/C | 9 | 1 | 0-150 | 64 | 6 | A-5(2) |
| 1+800.00 | DER | 10 | 1 | 0-150 | 66 | 5 | A-5(2) |
| 2+000.00 | IZQ | 11 | 1 | 0-150 | 45 | 4 | A-2-4(0) |
| 2+200.00 | L/C | 12 | 1 | 0-120 | 38 | 5 | A-1-b(0) |
| | | | 2 | 120-150 | 68 | 22 | A-7-5(16) |
| 2+400.00 | DER | 13 | 1 | 0-150 | 66 | 5 | A-5(2) |
| 2+600.00 | IZQ | 14 | 1 | 0-150 | 66 | 23 | A-7-5(16) |
| 2+800.00 | L/C | 15 | 1 | 0-100 | 66 | 5 | A-5(2) |
| | | | 2 | 100-150 | 38 | 5 | A-1-b(0) |
| 3+000.00 | DER | 16 | 1 | 0-150 | 44 | 4 | A-2-4(0) |
| 3+200.00 | IZQ | 17 | 1 | 0-100 | 67 | 5 | A-5(2) |
| | | | 2 | 100-150 | 68 | 22 | A-7-5(16) |
| 3+400.00 | L/C | 18 | 1 | 0-150 | 66 | 5 | A-5(2) |
| 3+600.00 | B/D | 19 | 1 | 0-150 | 67 | 5 | A-5(2) |
| 3+800.00 | B/I | 20 | 1 | 0-150 | 45 | 4 | A-2-4(0) |
| 4+000.00 | L/C | 21 | 1 | 0-50 | 66 | 5 | A-5(2) |
| | | | 2 | 50-150 | 44 | 4 | A-2-4(0) |
| 4+200.00 | DER | 22 | 1 | 0-90 | 44 | 4 | A-2-4(0) |
| | | | 2 | 90-150 | 56 | 6 | A-5(5) |
| 4+400.00 | IZQ | 23 | 1 | 0-100 | 44 | 4 | A-2-4(0) |
| | | | 2 | 100-150 | 38 | 5 | A-1-b(0) |
| 4+600.00 | L/C | 24 | 1 | 0-150 | 68 | 22 | A-7-5(16) |
| 4+800.00 | DER | 25 | 1 | 0-150 | 55 | 5 | A-5(4) |
| 5+000.00 | B/I | 26 | 1 | 0-90 | 66 | 5 | A-5(2) |
| | | | 2 | 90-150 | 68 | 22 | A-7-5(16) |
| 5+200.00 | L/C | 27 | 1 | 0-150 | 67 | 25 | A-7-5(16) |
| 5+400.00 | DER | 28 | 1 | 0-150 | 65 | 4 | A-5(2) |
| 5+600.00 | IZQ | 29 | 1 | 0-70 | NP | NP | A-4(0) |
| | | | 2 | 70-150 | 66 | 5 | A-5(2) |
| 5+800.00 | L/C | 30 | 1 | 0-110 | 44 | 4 | A-2-4(0) |
| | | | 2 | 110-150 | NP | NP | A-1-b(1) |
| 6+000.00 | B/D | 31 | 1 | 0-150 | 67 | 5 | A-5(2) |

Fuente: elaboración propia.

Se recomienda para el diseño de mezcla de material de base estabilizada con cemento portland ensayos de laboratorio aplicados a los materiales pétreos con y sin Cemento, y

a la mezcla fresca ya humectada y fraguada. Estos ensayos son: • Granulometría (ASTM D422-02).

- Propiedades de masa y propiedades índice (ASTM D4318-10)
- Clasificación AASHTO M-145 (ASTM D3282-93)
- Peso volumétrico seco máximo y humedad optima (ASTM D1557-12)
- Resistencia a compresión axial sin confinar a los 7 días (ASTM C39). Según los resultados de los sondeos de línea se propone una sub rasante mejorada de 30 cm de espesor, una base estabilizada con cemento Portland de 20 cm de espesor y sobre esta una superficie de rodamiento ya sea flexible o rígida según lo defina el diseño de pavimento.

3.2.7. Estudio hidrológico e hidráulico

En la inspección de campo realizada en el tramo en estudio, se identificó que éste no posee obras de drenaje ni longitudinales ni transversales, por tanto, podemos afirmar que el sistema de drenaje está constituido únicamente por cunetas en estado natural y la pendiente transversal del rodamiento.

- Estudios Hidrológicos

Los Estudios Hidrológicos consisten en el cálculo del caudal de diseño que se presenta en los sitios donde la vía intercepta corrientes superficiales, el caudal o avenida de diseño, se refiere al volumen de escurrimiento superficial por unidad de tiempo, debido a cierta intensidad de lluvia asociada a un período de retorno específico.

- 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, según lo solicitado en los TDRs del proyecto.

La duración de la intensidad mínima fue asumida en 5 minutos.

La estación base utilizada en este tramo de camino es la Estación Meteorológica de Managua, por ser la más representativa en la zona del proyecto y la que cuenta con mayores registros.

- Metodología del cálculo hidrológico

Los Estudios Hidrológicos consisten en el cálculo del caudal de diseño que puede presentarse en los sitios donde la vía intercepta corrientes superficiales y donde se presenten escurrimientos paralelos a la misma, el caudal o avenida de diseño, se refiere al volumen de escurrimiento superficial por unidad de tiempo, debido a cierta intensidad de lluvia asociada a un período de retorno específico. A continuación, se describen los parámetros que se utilizaron para el cálculo de la avenida de diseño.

Período de Retorno

El período de retorno (T_r) es el intervalo de tiempo promedio dentro del cual un evento X_o será igualado ó excedido por lo menos una vez en promedio. En este estudio se fijó período de 25 años para drenaje menor, según lo establecido en los TDR.

Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración (T_c) se obtuvo usando la fórmula de Kirpich como se muestra a continuación:

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

Siendo T_c = 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.

En este cálculo se tomó como tiempo de concentración mínimo cinco minutos.

Coefficiente de escorrentía:

El Coeficiente de Escorrentía "C", definido como la razón entre la cantidad de agua que escurre y la precipitación ocurrida, se determinó de acuerdo a las características topográficas, tipos de suelos y coberturas vegetales predominantes en la cuenca en consideración. Para establecer este parámetro, se tomó como base el criterio del California Department of Transportation, según la tabla mostrada a continuación:

Figura 17

Criterios para la determinación del coeficiente de escorrentía

| Coeficiente de Escurrimiento para Areas No desarrolladas o rurales (1) | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | Tipos de cuencas | | | |
| | Extremo | Alto | Normal. | Bajo |
| Relieve | 0.28-0.35 Empinado, terreno escarpado con pendientes promedios por encima del 30% | 0.20-0.28 Montañoso, con pendientes promedios del 10 al 30% | 0.14-0.20 Ondulado con pendientes promedio del 5 al 10% | 0.08-0.14 Tierras relativamente planas, Con pendientes promedio del 0 al 5 % |
| Infiltración del suelo | 0.12-0.16 Cubierta de suelo ineficiente, cualquiera de los dos roca o manto de suelo delgado de capacidad de infiltración despreciable. | 0.08-0.12 Lento para tomar agua, arcilla o tierra negra, suelos superficiales de baja capacidad de infiltración, imperfecta o pobremente drenados. | 0.06-0.08 Normal; suelos con textura de suelos ligeros a medianamente bien drenados bien drenado, arenas arcillosas, limos y limos arcillosos | 0.04- 06 Altos; arenas profundas u otros suelos que guardan agua rápidamente, suelos muy ligeros bien drenados |
| Cobertura vegetal | 0.12-0.16 Cubierta de plantas ineficiente, desnudo o muy dispersa | 0.08-0.12 De malo a regular, cultivos limpios, o cubierta natural pobre, menos que el 20% del área de drenaje con buena cubierta | 0.06-0.08 De regular a bueno; alrededor del 50% del área con tierras cubiertas de grama o bosques, no más del 50% con áreas en la producción de cosechas. | 0.04- 06 Buena a excelente; acerca del 90% del área de drenaje con buenos pastizales, bosques o arboledas o cubiertas equivalentes. |
| Almacenaje superficial | 0.10-0.12 Depresiones superficiales despreciables pocas y planas; drenajes empinados y cortos, sin pantanos. | 0.08- 0.10 Bajo; sistemas cortos de drenajes bien definidos; sin lagunas ni pantanos | 0.06-0.08 Normal; considerables depresiones superficiales; lagos y lagunas y pantanos. | 0.04- 06 Alta; superficie de almacenaje alta; sistema de drenaje no bruscamente definido; grandes planicies de inundación o gran número de lagunas o pantanos |
| Ejemplo | Dado: Un cuenca rural consistente de 1) terreno ondulado con pendientes promedios del 5%, 2) tipos de suelos arcillos, 3) Áreas de pastizales, y 4) Depresiones superficiales normales. Encuentre: El coeficiente de escurrimiento, C, para la cuenca señalada arriba | | Solución: Relieve 0.14 Infiltración del suelo: 0.08 Cubierta vegetal 0.04 Superficie de almacenaje 0.06 C=0.32 | |

(1) Highway Design Manual, California Department of Transportation,

Fuente: (California Department of Transportation)

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 calcularon las intensidades de precipitación para el período de retorno en consideración, a partir de la siguiente ecuación:

$$I = A / (T + d) b$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en mm/h

T = Tiempo de concentración en minutos

A, d y b = Parámetros de ajuste.

Los datos de la estación en estudio se obtuvieron del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), considerando la estación meteorológica de Managua, que es la más representativa y con mayores registros en la zona del proyecto.

Determinación de Caudal de Diseño

Para obtener el caudal de diseño se hizo uso del método racional, mediante la aplicación de la siguiente expresión:

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

Q = Caudal m³/seg.

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

A = Área de Drenaje (has).

Tabla 11

Resumen de resultados de los estudios hidrológicos del drenaje menor transversal

| Cruce N° | X | Y | Area de drenaje (ha) | Tc (min) Kirpich | C | Qd (m³/seg.) |
|----------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|------|--------------|
| 1 | 583,010.30 | 1,314,813.40 | 16.83 | 23.05 | 0.32 | 2.34 |
| 2 | 583,180.62 | 1,314,638.02 | 10.71 | 16.44 | 0.32 | 1.72 |
| 3 | 583,448.00 | 1,314,813.00 | 6.41 | 15.52 | 0.32 | 1.05 |
| 4 | 586,979.00 | 1,314,132.00 | 11.23 | 7.78 | 0.32 | 2.32 |
| 5 | 584,381.97 | 1,314,283.75 | 2.72 | 9.49 | 0.32 | 0.53 |
| 6 | 584,618.79 | 1,313,846.96 | 2.74 | 9.84 | 0.32 | 0.53 |
| 7 | 585,008.35 | 1,313,466.08 | 4.77 | 12.99 | 0.32 | 0.84 |
| 8 | 585,424.02 | 1,313,144.11 | 38.74 | 30.57 | 0.32 | 4.69 |
| 9 | 585,608.28 | 1,313,084.55 | 4.08 | 6.30 | 0.32 | 0.89 |
| 10 | 585,819.00 | 1,313,100.00 | 34.16 | 17.29 | 0.32 | 5.37 |
| 11 | 586,294.00 | 1,313,182.00 | 8.20 | 11.39 | 0.32 | 1.51 |
| 12 | 586,591.68 | 1,313,271.03 | 1.77 | 4.75 | 0.38 | 0.48 |
| 13 | 587,296.75 | 1,313,549.95 | 6.11 | 12.36 | 0.32 | 1.09 |
| 14 | 587,496.90 | 1,313,662.54 | 2.75 | 4.13 | 0.32 | 0.63 |
| 15 | 587,667.78 | 1,313,707.77 | 3.53 | 4.36 | 0.32 | 0.81 |
| 15a | 588,126.77 | 1,313,757.81 | 76.76 | 19.29 | 0.24 | 8.65 |
| 16 | 588,205.66 | 1,313,765.60 | 13.44 | 16.06 | 0.32 | 2.18 |
| 17 | 588,371.94 | 1,313,837.34 | 31.77 | 22.55 | 0.32 | 4.45 |
| 18 | 588,725.34 | 1,313,454.56 | 7.95 | 11.68 | 0.32 | 1.45 |
| 19 | 588,725.34 | 1,313,176.14 | 3.73 | 6.69 | 0.32 | 0.80 |
| 20 | 589,170.84 | 1,312,827.98 | 5.19 | 22.04 | 0.32 | 0.73 |
| 21 | 589,362.64 | 1,312,558.23 | 4.36 | 12.70 | 0.32 | 0.77 |
| 22 | 589,710.85 | 1,312,027.37 | 9.19 | 34.01 | 0.32 | 1.05 |
| 23 | 589,818.39 | 1,311,842.08 | 8.37 | 5.53 | 0.32 | 1.88 |
| 24 | 590,065.52 | 1,311,628.42 | 8.94 | 6.83 | 0.32 | 1.91 |
| 25 | 590,259.41 | 1,311,535.06 | 5.63 | 4.58 | 0.32 | 1.29 |
| 26 | 590,581.01 | 1,311,092.37 | 2.70 | 5.46 | 0.32 | 0.61 |
| 27 | 590,570.00 | 1,310,616.00 | 677.87 | OBRA DE DRENAJE MAYOR | | |
| 28 | 590,566.00 | 1,310,243.00 | 4.87 | 5.85 | 0.25 | 0.84 |
| 29 | 590,505.00 | 1,309,970.00 | 15.80 | 12.81 | 0.25 | 2.18 |
| 30 | 590,436.00 | 1,309,349.00 | 14.78 | 10.60 | 0.25 | 2.18 |
| 31 | 590,370.00 | 1,308,926.00 | 471.90 | OBRA DE DRENAJE MAYOR | | |
| 32 | 590,376.00 | 1,308,900.00 | 1.27 | 3.68 | 0.25 | 0.23 |
| 33 | 590,289.00 | 1,308,670.00 | 29.61 | 14.78 | 0.28 | 4.34 |
| 34 | 590,217.00 | 1,308,440.00 | 1.32 | 3.45 | 0.32 | 0.30 |
| 35 | 590,091.52 | 1,308,337.42 | 1.65 | 4.58 | 0.32 | 0.38 |
| 36 | 589,909.00 | 1,308,205.00 | 6.13 | 5.79 | 0.32 | 1.36 |
| 37 | 589,660.76 | 1,308,032.41 | 600.42 | OBRA DE DRENAJE MAYOR | | |

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

- **Estudios Hidráulicos**

Criterios de diseño

En este estudio se tomó el criterio de que la relación de la altura de agua en la embocadura de entrada (H_e) a la altura de la sección propuesta (D), deberá ser aproximadamente 1; es decir: H_e/D más o menos = 1.00.

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 0.012.

El diámetro mínimo de las alcantarillas propuestas es de 36 pulgadas, tubo de concreto reforzado, este diámetro propuesto es con el fin de facilitar su mantenimiento.

En el análisis se contempló que todas las alcantarillas poseerán sus muros de cabeceras, aletones y delantal hidráulico de entrada y salida.

Metodología del cálculo hidráulico

Para el cálculo hidráulico de las obras de drenaje menor, se implementó la metodología de la (Federal Highway Administration (FHWA).)

En las investigaciones conducidas por el FHWA se han definido dos tipos básicos de control de escurrimiento:

- 1) Escurrimiento con control de entrada
- 2) Escurrimiento con control de salida

Para determinar la capacidad de una alcantarilla se calcula la profundidad del agua en la embocadura para cada tipo de control, de entrada y de salida, finalmente se adopta el valor más alto de dicha profundidad, que indicará el tipo de control que gobierna la alcantarilla.

He en escurrimiento con control de entrada

Los cálculos de control de entrada determinan la cota del remanso en el umbral requerida para pasar el caudal de diseño a través de la configuración de alcantarilla seleccionada, en control de entrada.

Aquí debemos referirnos a los nomogramas de control de entrada para alcantarillas circulares y cajón mostrado en las páginas siguientes.

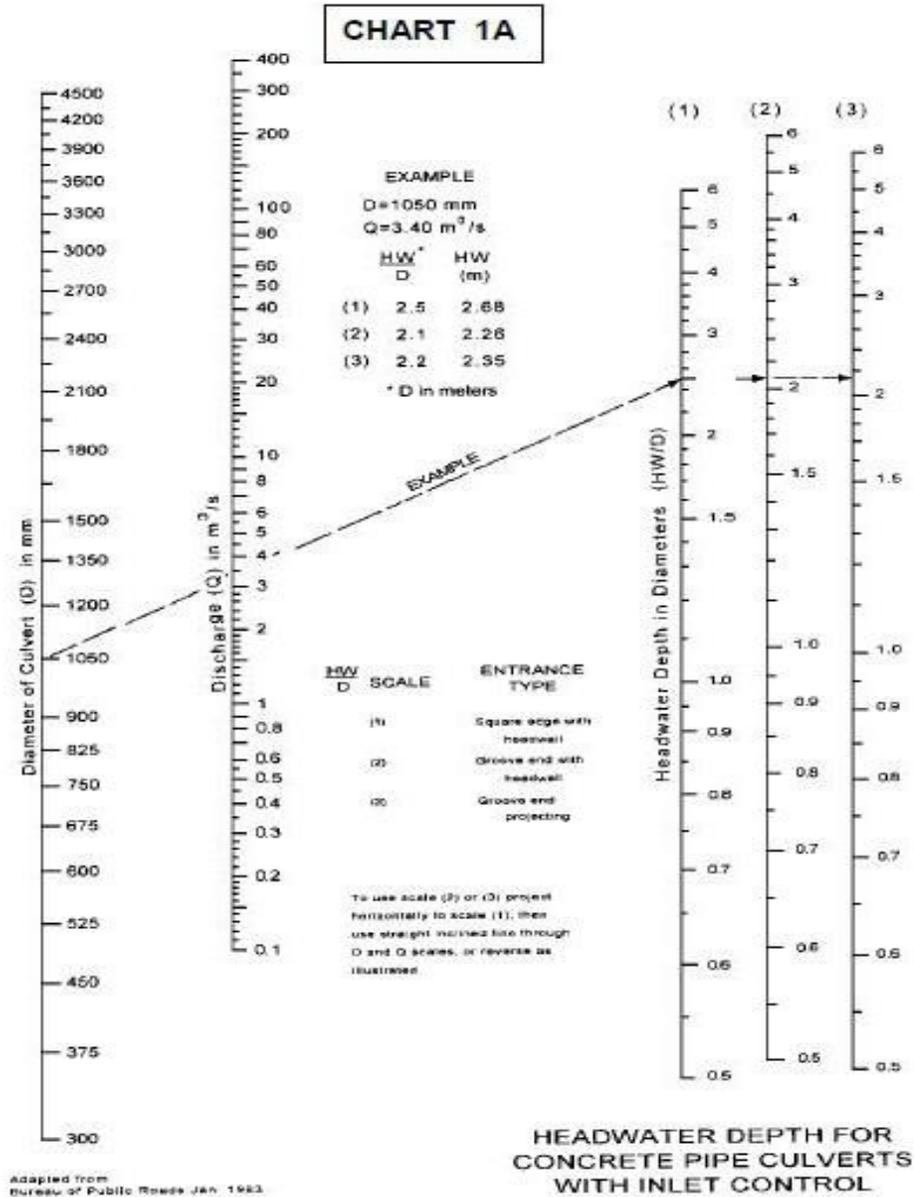
Partimos de los datos geométricos de la sección de entrada y el caudal de diseño para encontrar la relación He/D . Esto se logra trazando una línea recta desde D a través de Q/B en alcantarillas cajón o Q en circulares, hasta la escala He/D correspondiente al tipo de configuración de entrada seleccionada.

Posteriormente para obtener la carga de agua en la entrada (He) desde el umbral de la sección de control hasta la línea de pendiente de energía, multiplicamos He/D por la altura D de la caja, es decir:

$$He = He/D \times D$$

Figura 18

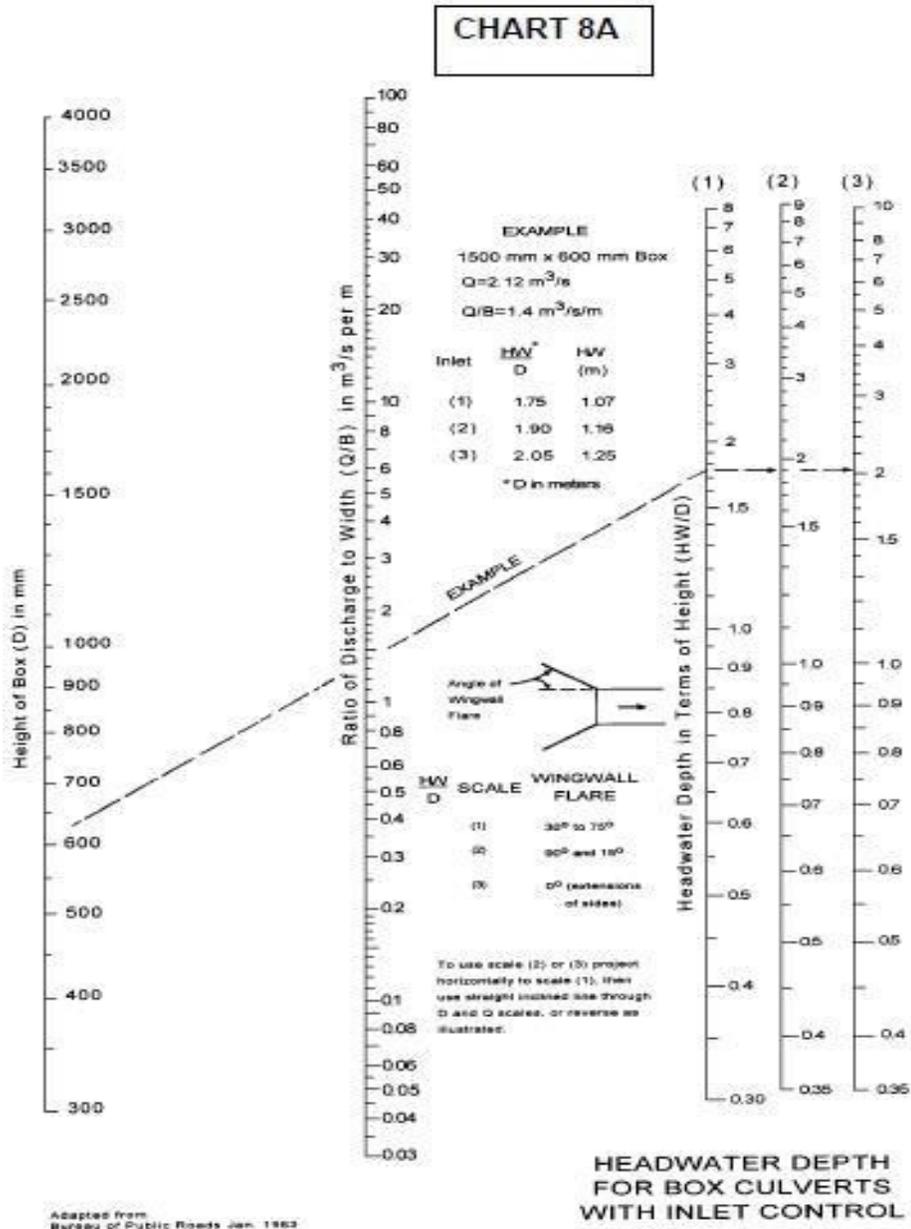
Carta 1A Profundidad de agua a la entrada para alcantarillas de tubos de concreto con control de entrada.



Fuente: (Federal Highway Administration (FHWA).)

Figura 19

Carta 8A Profundidad a la entrada para alcantarillas cajón con control de entrada



Fuente: (Federal Highway Administration (FHWA).)

He en escurrimiento con control de salida

Los cálculos del control de salida dan como resultado la cota del remanso de entrada requerida para transportar el caudal de diseño a través de la alcantarilla seleccionada, en control de salida.

La profundidad He se obtendrá a partir de la siguiente ecuación:

$$H_e = H + H_1 - Li$$

Donde:

H: energía requerida para hacer circular el caudal de diseño a través del conducto

H1: distancia vertical comprendida entre el umbral de salida hasta el punto desde el cual se mide H

L: longitud de la alcantarilla

i: pendiente en metros por metro

Si el nivel superficial de la corriente, inmediatamente aguas abajo de la salida, iguala o sobrepasa el dintel de la alcantarilla, H1 es igual a Hs, siendo esta última la profundidad del agua en el cauce de salida.

La profundidad del agua en el cauce de salida se calculará por medio de la ecuación de Manning

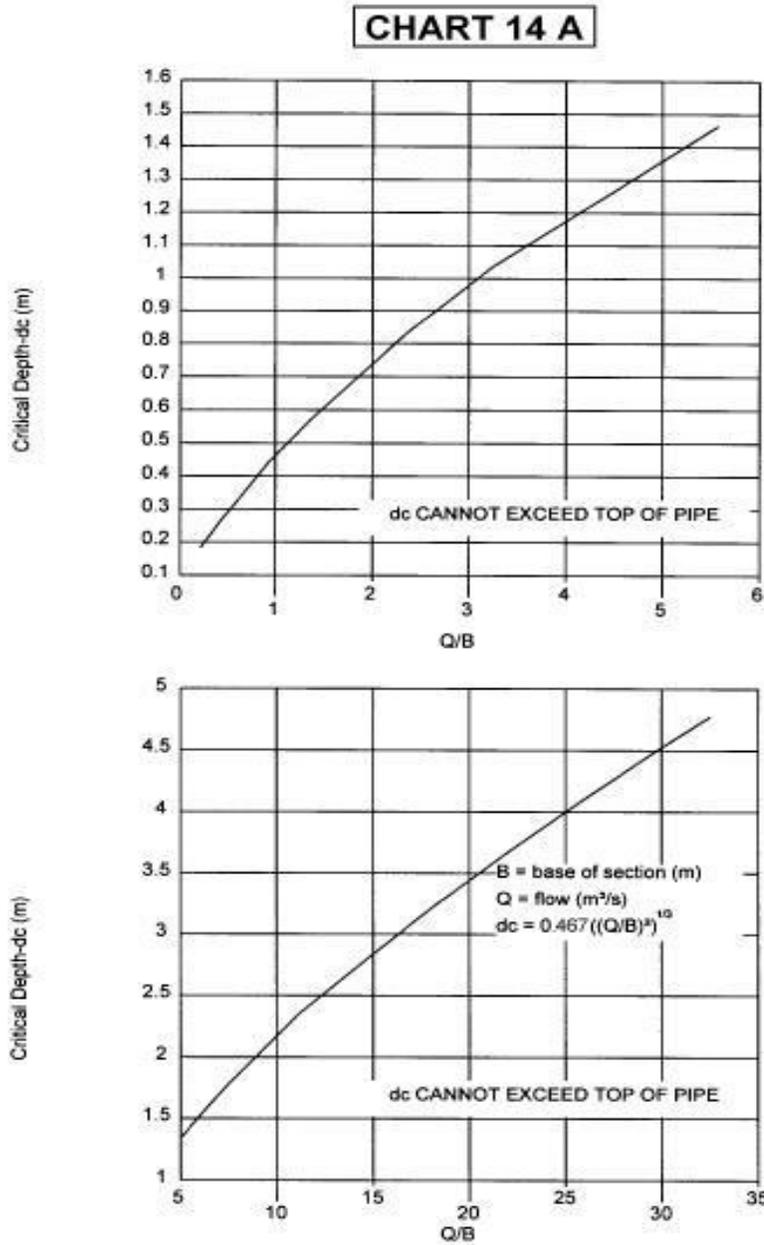
Si el nivel superficial de la corriente en el cauce aguas abajo, es menor que el dintel de la alcantarilla, H1 es mayor que Hs.

Para control de salida la altura de agua de descarga se calculará a partir del promedio de la profundidad crítica en la salida y la altura de la caja ó diámetro (D), es decir: $(d_c + D)/2$.

Para calcular la profundidad crítica d_c nos referimos a los gráficos de profundidad crítica para secciones circulares y rectangulares mostrados en las páginas siguientes, estos gráficos parten también del caudal de diseño y de los datos geométricos del conducto.

Figura 20

Carta 14 A Profundidad crítica en secciones rectangulares.



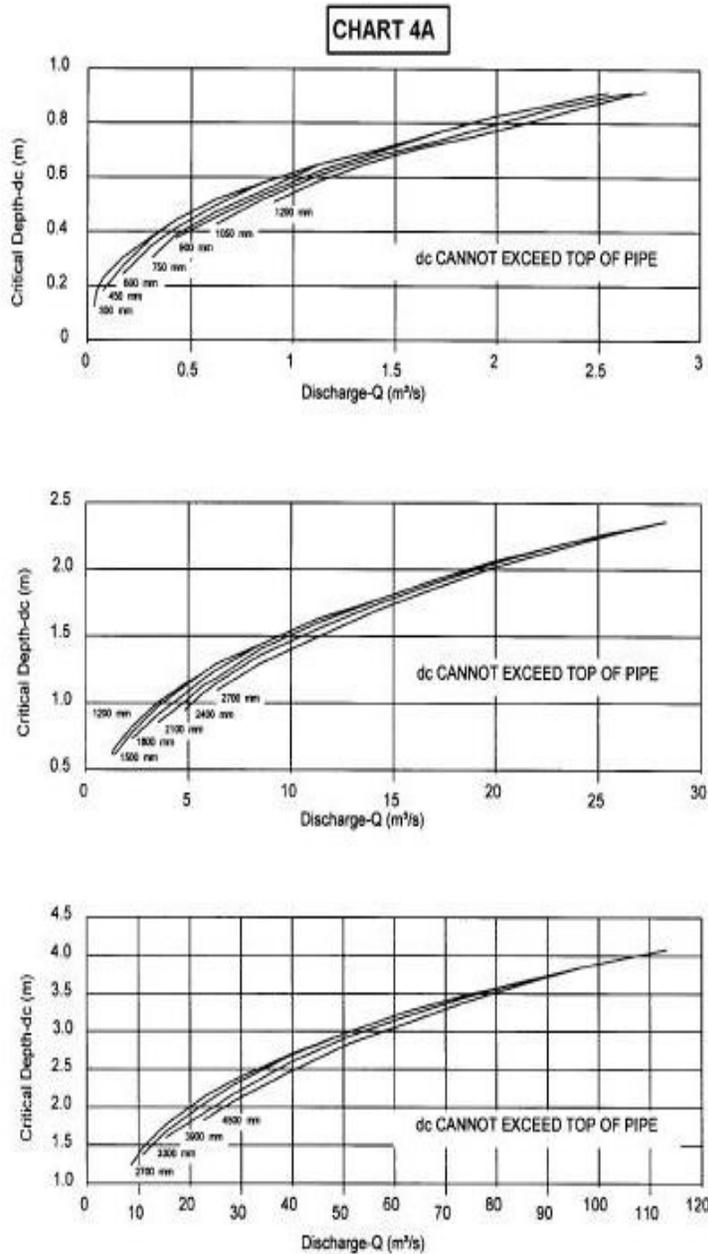
Adapted from Bureau of Public Roads

Critical Depth-Rectangular Section

Fuente: (Federal Highway Administration (FHWA).)

Figura 21

Carta 4A Profundidad crítica en tuberías circulares.



Adapted from Bureau of Public Roads

Critical Depth-Circular Pipe

Fuente: (Federal Highway Administration (FHWA).)

La energía requerida para hacer circular una cantidad dada de agua a través de la alcantarilla, escurriendo llena con control de salida (H), está compuesta de tres partes principales que son: la altura cinética h_v , la pérdida de carga a la entrada h_e y la pérdida de carga por fricción o rozamiento h_f .

Esta energía se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$H = h_v + h_e + h_f,$$

Donde:

$$h_v = v^2/2g$$

$$h_e = k_e v^2/2g$$

$$h_f = (2gn^2 L / R^{4/3}) * (v^2/2g)$$

Siendo:

v: Velocidad media en el conducto

n: coeficiente rugosidad Manning

L: longitud del conducto

g: aceleración de la gravedad

R: radio hidráulico

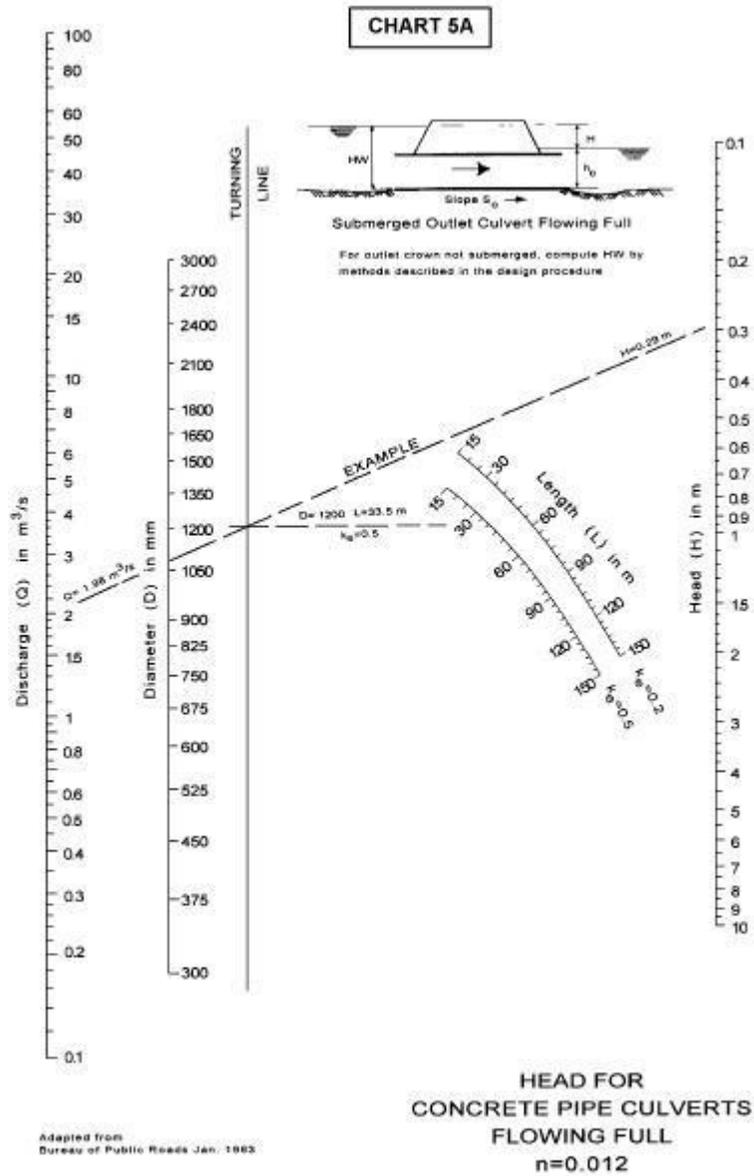
k_e : Coeficiente de pérdida de carga a la entrada, dependiendo del tipo de embocadura, obtenido de la tabla que se muestra en la siguiente página.

H: Es la diferencia entre los niveles de la línea de energía total en la entrada y la línea piezométrica en la salida, insertando las relaciones anteriores obtenemos:

$$H = (1+k_e + 19.62 n^2 L / R^{4/3}) v^2/2g$$

Figura 22

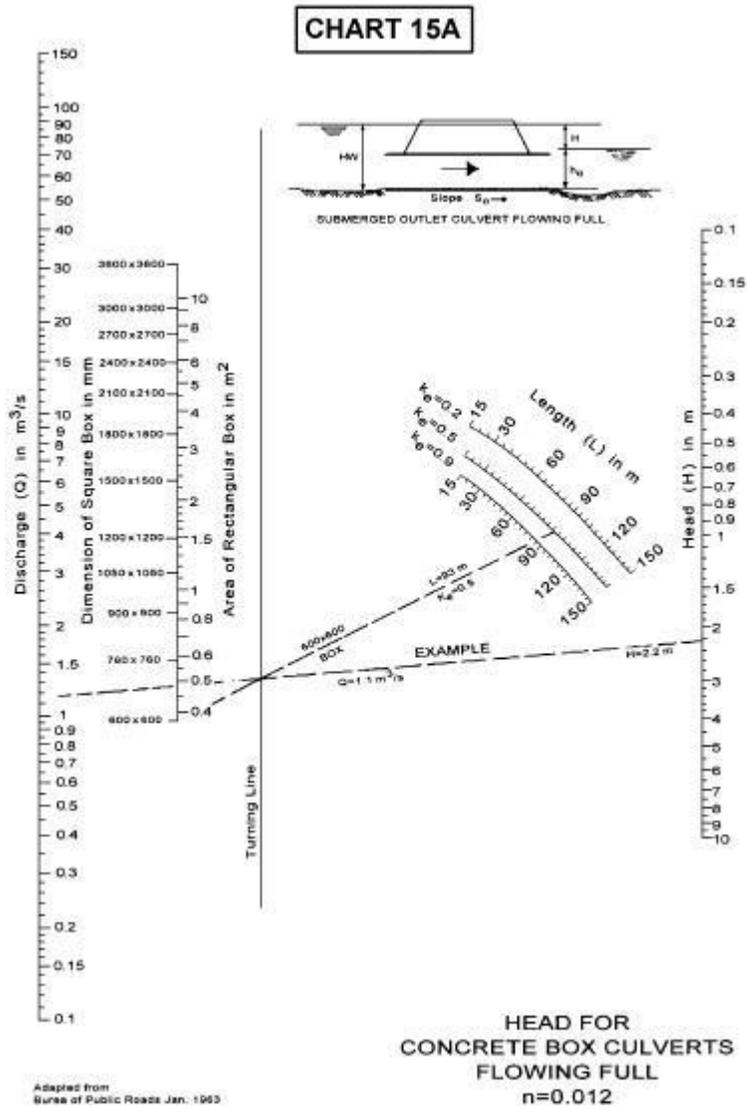
Carta 5 A Perdida de energía H para alcantarillas de tubos de concreto



Fuente: (Federal Highway Administration (FHWA).)

Figura 23

Carta 15 A Pérdida de energía H para alcantarillas cajón de concreto



Fuente: (Federal Highway Administration (FHWA).)

Figura 24

Tabla de coeficientes de pérdida de carga a la entrada

Table 12--Entrance Loss Coefficients.

Outlet Control, Full or Partly Full Entrance Head Loss

$$H_L = K_L \left[\frac{V^2}{2g} \right]$$

| Type of Structure and Design of Entrance | Coefficient K_L |
|---|-------------------|
| • Pipe, Concrete | |
| Projecting from fill, socket end (groove-end) | 0.2 |
| Projecting from fill, sq. cut end | 0.5 |
| Headwall or headwall and wingwalls | |
| Socket end of pipe (groove-end) | 0.2 |
| Square-edge | 0.5 |
| Rounded (radius = D/12) | 0.2 |
| Mitered to conform to fill slope | 0.7 |
| *End-Section conforming to fill slope | 0.5 |
| Beveled edges, 33.7° or 45° bevels | 0.2 |
| Side- or slope-tapered inlet | 0.2 |
| • Pipe, or Pipe Arch, Corrugated Metal | |
| Projecting from fill (no headwall) | 0.9 |
| Headwall or headwall and wingwalls square-edge | 0.5 |
| Mitered to conform to fill slope, paved or unpaved slope | 0.7 |
| *End-Section conforming to fill slope | 0.5 |
| Beveled edges, 33.7° or 45° bevels | 0.2 |
| Side- or slope-tapered inlet | 0.2 |
| • Box, Reinforced Concrete | |
| Headwall parallel to embankment (no wingwalls) | |
| Square-edged on 3 edges | 0.5 |
| Rounded on 3 edges to radius of D/12 or D/12 or beveled edges on 3 sides | 0.2 |
| Wingwalls at 30° to 75° to barrel | |
| Square-edged at crown | 0.4 |
| Crown edge rounded to radius of D/12 or beveled top edge | 0.2 |
| Wingwall at 10° to 25° to barrel | |
| Square-edged at crown | 0.5 |
| Wingwalls parallel (extension of sides) | |
| Square-edged at crown | 0.7 |
| Side- or slope-tapered inlet | 0.2 |

*Note: "End Sections conforming to fill slope," made of either metal or concrete, are the sections commonly available from manufacturers. From limited hydraulic tests they are equivalent in operation to a headwall in both inlet and outlet control. Some end sections, incorporating a closed taper in their design have a superior hydraulic performance. These latter sections can be designed using the information given for the beveled inlet.

Fuente: (Federal Highway Administration (FHWA).)

A continuación, presentamos tabla resumen de los resultados de los cálculos hidráulicos del drenaje menor

Tabla 12

Resumen de los resultados de los cálculos hidráulicos de drenaje menor

| Cruce | Q (m3/seg) | Propuesta | He/D | He (m) |
|-------|------------|------------------|------|--------|
| 1 | 2.34 | 1 TCR DE 54 PULG | 0.86 | 1.17 |
| 2 | 1.72 | 1 TCR DE 48 PULG | 0.85 | 1.0 |
| 3 | 1.05 | 1 TCR DE 36 PULG | 0.98 | |
| 4 | 2.32 | 1 TCR DE 54 PULG | 0.85 | |
| 5 | 0.53 | 1 TCR DE 36 PULG | 0.66 | |
| 6 | 0.53 | 1 TCR DE 36 PULG | 0.66 | |
| 7 | 0.84 | 1 TCR DE 36 PULG | 0.85 | |
| 8 | 4.69 | 2 TCR DE 48 PULG | 1.03 | |
| 9 | 0.89 | 1 TCR DE 36 PULG | 0 | |
| 10 | 5.37 | 2 TCR DE 54 PULG | | |
| 11 | 1.51 | 1 TCR DE 42 PULG | | |
| 12 | 0.48 | 1 TCR DE 36 PULG | | |
| 13 | 1.09 | 1 TCR DE 36 PULG | | |
| 14 | 0.63 | 1 TCR DE 36 PULG | | |
| 15 | 0.81 | 1 TCR DE 36 PUL | | |
| 16 | 2.18 | 1 TCR DE 48 | | |
| 17 | 4.45 | 2 TCR DE | | |
| 18 | 1.45 | 1 TCR | | |
| 19 | 0.8 | 1 | | |
| 20 | 0.73 | | | |
| 21 | 0.77 | | | |
| 22 | 1.05 | | | |
| 23 | 1.88 | | | |
| 24 | 1.91 | | | |
| 25 | 1.29 | | | |
| 26 | 0 | | | |
| 28 | | | | |
| 29 | | | | |
| 30 | | | | |
| 32 | | | | |
| 33 | | | | |
| 3 | | | | |

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

Drenaje longitudinal

- **Metodología del cálculo Hidráulico Longitudinal.**

El diseño de cunetas, se ha utilizado para determinar los aportes laterales por medio del desarrollo de la fórmula y método de **Izzard**, el cual es aplicable a zonas con escurrimiento disperso sin cauce definido.

Para la obtención de estos caudales el método considera un coeficiente de escurrimiento **K** que varía de 0.05 a 0.90 de acuerdo al tipo de superficie. Asimismo, 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. Los valores de **K** y **Cr** para diferentes superficies se muestran a continuación:

Tabla 13

Valores del coeficiente de escurrimiento *K* (Chow, 2004).

| SUPERFICIES | K |
|---|-------------|
| <hr/> | |
| Área Residencial Urbana: | |
| Solo casa Residenciales | 0.30 |
| Apartamentos con Espacios verdes | 0.50 |
| Área de Edificios Comerciales e Industriales | 0.90 |
| Áreas Boscosas, dependiendo del suelo | 0.05 – 0.20 |
| Parques Terrenos Agrícolas y Pastizales. | 0.05 – 0.20 |
| Asfalto ó Pavimento de Concreto. | 0.85 |
| <hr/> | |

Fuente: (CHOW, 2004)

Tabla 14

Valores del Coeficiente del Retardo Cr (Chow, 2004).

| SUPERFICIES | Cr |
|-------------------------------------|-----------|
| Superficies Lisas Asfálticas | 0.007 |
| Pavimento de Concreto | 0.012 |
| Pavimento de Grava | 0.017 |
| Césped muy Tupido | 0.046 |
| Pastizales. | 0.060 |

Fuente: (CHOW, 2004)

Las expresiones utilizadas para el dimensionamiento de estas obras son:

Siendo:

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:

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

se tiene:

V = Velocidad promedio en m/seg.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio Hidráulico en m.

S =
Pendant
e en
m/m.

Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para el Diseño de Estructuras de Pavimento Flexible versión 1993 (AASHTO, 1993).

Tabla 16

Ejes equivalentes para los periodos de Diseño

| PERIODO (AÑOS) | ESALS (W₁₈) FLEXIBLES SUBTRAMO 1 | ESALS (W₁₈) SUBTRAMO 2 |
|---------------------------|--|--|
| 10 | 1,482,723 | 1,610,335 |
| 15 | 2,537,218 | 2,734,679 |
| 20 | 3,643,627 | 3,905,610 |

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

Para el diseño de los espesores de Pavimento flexible de este proyecto, se empleó el procedimiento o metodología AASHTO-93, ampliamente conocida y utilizada en nuestro País.

Metodología AASHTO-93 para pavimentos flexibles

La metodología AASHTO-93 fue publicado por la (AASHTO) en la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos Edición 1993. Esta se fundamente en una regresión lineal de los datos obtenidos de un experimento a escala natural realizado en Illinois para distintos tipos de subrasantes, espesores y componentes de pavimentos. Por tanto, el método consiste en la utilización de una ecuación empírica para relacionar los fenómenos observados y es una metodología tradicional y ampliamente utilizada en el diseño de pavimentos tanto en Estados Unidos, Latinoamérica y nuestro país.

Ecuación de Diseño AASHTO-93

La Ecuación AASHTO-93 para pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

Ejes Equivalentes, W_{18} : Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 18,000 lbf acumuladas en el período de diseño (n). Estas son estimadas a partir de un estudio de tránsito en el cual se definen parámetros como: el TPDA, la tipología vehicular y los factores carril y dirección. Con esta información se estiman los ejes equivalentes.

Confiabilidad de Diseño, Z_R : Es un valor estadístico, función de probabilidad de la curva de distribución normal la cual depende de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza de los parámetros de diseño. Debido a la importancia comercial y turística de la carretera se usará un valor de confiabilidad R del 90% para el cual Z_R tiene un valor de -1.282.

Tabla 17

Desviación Normal (Z_R) en función de la confiabilidad

| R (%) | Z_R | R (%) | Z_R |
|-------|--------|-------|--------|
| 50 | 0 | 93 | -1.476 |
| 60 | -0.253 | 94 | -1.555 |
| 70 | -0.524 | 95 | -1.645 |
| 75 | -0.674 | 96 | -1.751 |
| 80 | -0.841 | 97 | -1.811 |
| 85 | -1.037 | 98 | -2.054 |
| 90 | -1.282 | 99 | -2.327 |
| 91 | -1.34 | 99.9 | -3.09 |
| 92 | -1.405 | 99.99 | -3.75 |

Fuente: (AASHTO, 1993)

Desviación Estándar, S_0 : Desviación estándar del sistema, esta función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes), variaciones en los materiales, procesos constructivos y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio. Para el diseño se utilizará un valor de 0.45.

Cambio del Índice de Servicio, ΔPSI : La pérdida de servicio prevista en el diseño, medida como la diferencia entre la calidad de acabado del pavimento al concluirse su construcción (P_0) y su calidad al final del período de diseño (P_f). Los valores seleccionados para el diseño son:

- Índice de Servicio inicial $P_o = 4.2$
- índice de servicio final $P_f = 2.5$
- $\Delta PSI = 1.7$

Módulo Resiliente, M_R : Módulo Resiliente de la subrasante que será estimado por medio de correlaciones empíricas con el CBR.

El módulo resiliente a usar en este proyecto es de **6,297.22 psi**.

Número Estructural, SN : Número estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño. Este representa el conjunto de capas que forman el pavimento. La determinación del número estructural depende de factores como los espesores de las capas, capacidad estructural del material, número de capas y el drenaje. Matemáticamente podemos expresar el número estructural de un pavimento compuesto por tres capas de la siguiente forma:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Dónde:

a_n = es el coeficiente de capa n

D_n = es el espesor de la capa n

m_n = es el coeficiente de drenaje de la capa n

Coficiente de Capa, a : Este es una expresión empírica de la relación entre el número estructural y el espesor del material y su función es la de medir la capacidad del material como componente estructural del pavimento.

Para este proyecto se presentan en la tabla los coeficientes de capa utilizados en el diseño de pavimentos para cada tipo de material.

Tabla 18*Coeficientes de capa*

| Material | Coeficiente |
|--|--------------------|
| MAC modificada con Polímero | 0.44 |
| Base Agregado Triturado, estabilizadas con emulsión asfáltica | 0.18 |
| Base de Agregados Triturados | 0.13 |
| Subbase de agregados Triturados | 0.11 |

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

Coeficiente de Drenaje, m: El coeficiente de drenaje es la expresión que considera el efecto de la lluvia y las condiciones de drenaje, de tal forma que un mismo material con condiciones distintas de drenaje podrá tener una mayor o menor capacidad estructural en función del tipo de drenaje y el clima de la zona. La siguiente tabla muestra las consideraciones para la selección del coeficiente de drenaje. En nuestro caso para todos los materiales se consideraron un coeficiente de drenaje igual a la unidad.

Tabla 19*Coeficientes de drenaje para base y subbase de pavimentos flexibles*

| Calidad del Drenaje | Porcentaje de tiempo que la estructura es sometida a condiciones de humedad cercanas a la saturación | | | |
|----------------------------|---|--------------------|--------------------|-------------------|
| | Menos de 1% | 1-5% | 5-25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.40 a 1.35 | 1.35 a 1.30 | 1.30 a 1.20 | 1.20 |
| Muy Buena | 1.35 a 1.25 | 1.25 a 1.15 | 1.15 a 1.00 | 1.00 |
| Buena | 1.25 a 1.15 | 1.15 a 1.05 | 1.00 a 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15 a 1.05 | 1.05 a 0.80 | 0.80 a 0.60 | 0.60 |
| Muy Pobre | 1.05 a 0.95 | 0.95 a 0.75 | 0.75 a 0.40 | 0.40 |

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

Tabla 20*Diseño de Espesores de Pavimento Obtenidos*

| ESPEORES DE PAVIMENTO PARA LOS DOS SUBTRAMOS | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|
| DESCRIPCIÓN | ESPEORES DE PAVIMENTO (cm) | |
| | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 |
| PERIODO DE DISEÑO DE 10 AÑOS | | |
| CARPETA DE RODADURA | 6.50 | 8.50 |
| BASE | 20.00 | 20.00 |
| SUB-BASE | 30.00 | 30.00 |
| PERIODO DE DISEÑO DE 15 AÑOS | | |
| CARPETA DE RODADURA | 8.50 | 11.00 |
| BASE | 20.00 | 20.00 |
| SUB-BASE | 30.00 | 30.00 |
| PERIODO DE DISEÑO DE 20 AÑOS | | |
| CARPETA DE RODADURA | 10.00 | 15.00 |
| BASE | 20.00 | 20.00 |
| SUB-BASE | 30.00 | 30.00 |

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

En este proyecto, se contempla la colocación de una carpeta de concreto asfáltico de gradación densa y el empleo de cemento asfáltico modificado con polímeros según las exigencias del dueño de dicho proyecto, indicada en los términos de referencia.

En base a la Asociación Federal de Carreteras de Estados Unidos de Norteamérica (FHWA) y a la magnitud del tráfico actuante y futuro de la vía se recomienda que el concreto asfáltico sea construido en dos capas de 5cm de espesor cada una, empleando

mezclas de diferentes propiedades con el objetivo de lograr una superficie de rodamiento óptima y reducir al máximo las deformaciones permanentes.

Cemento Asfáltico

Los términos de referencia contemplan la utilización de asfaltos modificados con polímeros, dichos términos definen que se utilizaran polímeros de tipo I (elastómeros), concretamente Estireno – Butadieno – Estireno (SBS), también conocido como caucho termoplástico.

El cemento asfáltico antes de modificarlo con polímeros deberá cumplir con todos los requisitos indicados en las especificaciones (NIC, 2019) artículo 1002.1. Se recomienda seleccionar un asfalto con grado de desempeño mínimo de PG 64-16, según el cuadro 1002-2 de las mismas especificaciones y deberá cumplir con los requisitos establecidos en dicho cuadro, considerando la corrección de viscosidad indicada de 30 Pa x s (Poise), la cual en realidad deberá ser menor de 3 Pa x s en el viscosímetro (AASHTO T316) a una temperatura de 135°C.

El asfalto ya modificado deberá cumplir con el grado de desempeño PG 70-22H en la clasificación Superpave Plus ((AASHTO) M332). Esta especificación es básicamente la misma que presenta el cuadro 1002-2 de la NIC-2019.

Agregados

El diseño de pavimentos efectuado contempla el uso de 10 cm de concreto asfáltico modificado con polímeros para la carpeta de rodamiento. Tal como fue recomendado, esta carpeta deberá ser construida en dos capas de igual espesor, denominadas como capa de rodadura la superior y Binder la inferior que la soporta. En general los agregados a utilizar deberán ser de óptima calidad y procedentes de la trituración de rocas sanas, duras y durables que cumplan con el artículo 1003.9 de la NIC-2019.

Tabla 21*Granulometría combinada de los agregados*

| Malla | Porcentaje que pasa (en masa) | |
|----------------|--|--------------------------------------|
| | Para mezcla superior (Rodadura) | Para mezcla inferior (Binder) |
| 1'' | - | 100 |
| 3/4'' | 100 | 90 a 100 |
| 1/2'' | 90 a 100 | 72 a 89 |
| 3/8 '' | 76 a 92 | 60 a 82 |
| 1/4'' | 56 a 81 | 44 a 71 |
| No.4 | 45 a 74 | 37 a 64 |
| No. 10 | 25 a 55 | 20 a 46 |
| No. 20 | 15 a 42 | 12 a 35 |
| No. 40 | 11 a 32 | 8 a 27 |
| No. 60 | 8 a 25 | 6 a 21 |
| No. 100 | 5 a 18 | 4 a 16 |
| No. 200 | 2 a 9 | 2 a 8 |

*Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))***Tabla 22***Propiedades físicas de los agregados*

| Propiedad | Valor |
|---|--------------|
| GRAVA | |
| Densidad relativa seca AASHTO T 85 | 2.45 min |
| Desgaste Los angeles [%] AASHTO T 96 | 35 max |

| Propiedad | Valor | |
|---|---------------------|--------|
| GRAVA | | |
| Intemperismo acelerado (5 ciclos) [%]* AASHTO T 104 | Sulfato Sodio | 15 max |
| | Sulfato Magnesio | 20 max |
| Particulas largas y aplanadas [%] ASTM D 4791 / BS 812 | 30 max | |
| Particulas trituradas [%] AASHTO T 335 | Una cara | 95 min |
| | Dos o mas | 85 min |
| ARENAS Y FINOS | | |
| Densidad relativa AASHTO T 84 | 2.45 min | |
| Equivalente de Arena [%] AASHTO T 176 | 50 min | |
| Azul de metileno [mg/g] AASHTO T 330 | 15 max | |

Nota: El agregado debe ser producto de la trituración de roca sana

*Solo debe cumplir una de las condiciones

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

Si el diseño requiere la utilización de relleno mineral, también conocido por su término en inglés como mineral filler, este deberá cumplir con AASHTO M17.

Mezcla Asfáltica en caliente

Deberá cumplir con los siguientes requisitos volumétricos para su diseño y colocación. El diseño se recomienda que se realice de acuerdo con la metodología SUPERPAVE (AASHTO R 35 y T 312) o la metodología Marshall (MS-2 del Instituto del Asfalto de EEUU).

El control de calidad podrá realizarse por Marshall para tráfico pesado (AASHTO T 245, 75 golpes por cara), dado que en nuestro país probablemente no se disponga de los equipos requeridos por SUPERPAVE. Se estima que el contenido óptimo de cemento

asfáltico como porcentaje de la masa total de dicha mezcla podrá estar en un rango entre 4% y 7%.

Imprimación Asfáltica de la base

Antes de colocar la carpeta asfáltica, se deberá colocar un riego de imprimación sobre la base granular, el tipo de emulsión o asfalto rebajado y la dosificación quedará a cargo del contratista con previa aprobación del Ingeniero. El proceso constructivo será de acuerdo a la NIC -2019 Sección 401 Imprimación Asfáltica de Bases. Los materiales deberán cumplir con los artículos 1002.3 o 1002.4 (en función del tipo de ligante asfáltico utilizado).

Riego de Liga

En el caso que no se coloque la carpeta asfáltica justo después de la imprimación asfáltica de la base y se permita que la base esté expuesta al tráfico, justo antes de colocar la carpeta se deberá colocar una liga asfáltica, el tipo de emulsión o asfalto rebajado y la dosificación a utilizar deberá ser propuesta por el contratista y aprobada por el Ingeniero. El proceso de colocación será siguiendo la sección 402 de la NIC-2019. Los materiales deberán cumplir con los artículos 1002.3 y 1002.4 en dependencia del tipo de liga a emplear.

Base Triturada

El material para la base deberá provenir de la trituración de una roca sana, dura, durable y libre de impurezas orgánicas u otro material deletéreo. El tamaño máximo del agregado a utilizar deberá ser de 37.5mm [1 ½"] y deberá cumplir con la gradación C del cuadro 1003-6 del NIC-2019.

Tabla 23

Granulometría del agregado para base triturada

| Malla | Porcentaje que pasa |
|--------------|----------------------------|
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 97 a 100 |

| Malla | Porcentaje que pasa |
|----------------|----------------------------|
| 3/4 '' | 67 a 81 (6) |
| No.4 | 33 a 47 (6) |
| No. 40 | 10 a 19 (4) |
| No. 200 | 4 a 8 (3) |

Nota: (x) desviación permisible

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

Subbase Triturada-Natural

El material para la sub base preferiblemente deberá provenir de la trituración de roca sana, dura, durable y libre de impurezas orgánicas u materiales deletéreos, también podrá usarse una combinación de agregados triturados con gravas naturales provenientes de un banco de préstamo siempre que este cumpla con los requerimientos nombrados a continuación. El tamaño máximo del agregado a utilizar deberá ser de 63mm [2 ½''] y deberá cumplir con la gradación A del cuadro 1003-6 del NIC-2019.

Tabla 24

Granulometría del suelo para subbase triturada-natural

| Malla | Porcentaje que pasa |
|----------------|----------------------------|
| 2 ½'' | 100 |
| 2'' | 97 a 100 |
| 1'' | 65 a 79 (6) |
| ½'' | 45 a 59 (7) |
| No.4 | 28 a 42 (6) |
| No. 40 | 9 a 17 (4) |
| No. 200 | 4 a 8 (3) |

Nota: (x) desviación permisible

Fuente: (Estudio y Diseño Ingenieros Consultores (EDICO))

Subrasante

La constituye la capa de materiales donde se apoyará la estructura de pavimento del proyecto. Para el caso de la alternativa de diseño No. 1, esta capa deberá ser de 15 cm de material tratado con cemento hidráulico normal tipo GU ASTM 1157.

En función del diseño geométrico de las zonas de ampliación del proyecto se podrán presentar cuatro alternativas siguientes para la construcción de la subrasante: 1) Terraplén que podrá ser menores de 60cm o mayores 2) Corte de trinchera 3) Corte en semi ladera y 4) Nivel del terreno natural eliminando la capa vegetal y orgánica. Cualquiera de estas alternativas que suceda, el material a usar deberá en lo general cumplir con las secciones 205, 211, 212, 304 y 306 según corresponda.

3.2.9. Descripción de las características del tramo.

El proyecto consiste en implementar 6 km de pavimento flexible con una carpeta de rodamiento de asfalto entre las ciudades de Diriamba, Jinotepe y San Marcos en el departamento de Carazo.

En el cual se efectuarán las obras de acuerdo a la finalidad del proyecto, especificaciones técnicas y las normas vigentes en el país. Como se ha mencionado anteriormente el tramo en estudio no posee sección típica por lo tanto tendrá diferentes especificaciones y detalles.

- Carril de rodamiento.

Según el SIECA (2011) se usan por lo general, para el ancho de carril, valores entre 2.75 a 3.60 m; siendo 3.60 m el valor predominante ya que esto permite una separación óptima entre vehículos especialmente cuando hay altos volúmenes de tráfico. Es por esta razón que para este proyecto se determinó que el ancho de rodamiento será de 3.60 metros, para cada carril.

- Hombro

Según AASHTO 2011 en su acápite “4.4.2 Width of Shoulders” el hombro mínimo para carretera de bajo tráfico recomendado es 1.20 m de hombro.

- Bombeo

Es la pendiente que se le da a la plataforma o corona en las tangentes del alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura.

El Bombeo normal para este proyecto es de 3%. Como lo recomienda en SIECA (2011), en el Cuadro 4.1 al ser pavimento de tipo bajo ya que la superficie de terracería esta sin tratar.

- Pendiente transversal máxima (super-elevación máxima)

Es la inclinación que se le da a la corona de una carretera en los tramos en curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrípeta que actúa sobre un vehículo en movimiento.

Según SIECA (2011) se consideran aquí las siguientes tasas:

- La tasa máxima de 10% en áreas rurales montañosas, siempre que no exista nieve o hielo, también 12% puede utilizarse en algunos casos.
- 8% es reconocido como valor máximo razonable.
- 6% en área suburbana.
- 4% en áreas urbanas. El peralte puede omitirse en calles urbanas de baja velocidad.

La Super-elevación máxima a utilizarse es de 8%.

Las especificaciones técnicas que regularán la ejecución del proyecto son las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC-2019 de la República de Nicaragua. Estas Especificaciones fueron recientemente mejoradas y actualizadas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua y tienen carácter legal de aplicación en nuestro País.

El diseño de pavimentos contempla el uso de 10 cm de concreto asfáltico modificado con polímeros para la carpeta de rodamiento. Tal como fue recomendado por la metodología

AASHTO (1993) para pavimentos flexibles, esta carpeta debera ser construida en dos capas de igual espesor, denominadas como capa de rodadura la superior y Binder la inferior que la soporta. En general los agregados a utilizar deberan ser de optima calidad y procedentes de la trituracion de rocas sanas, duras y durables que cumplan con el articulo 1003.9 de la NIC-2019.

3.2.10 Descripcion de las actividades de construccion.

Se implementará el proyecto de revestimiento conformado por mezcla asfáltica modificada con polímeros en 6km de calles de tierra de “Diriamba-Jinotepe” en el departamento de Carazo. La sección típica está compuesta por una calzada bidireccional de dos carriles, uno por sentido, y consta con un derecho de vía de 40 metros.

Movimiento de tierra

Antes de empezar la etapa de movimiento de tierras, se debe llevar a cabo el despeje y desbroce, es decir, el limpiado de arbustos, plantas, árboles, broza, maleza y basura que pudiera hallarse en el terreno. Una vez que el terreno se encuentre limpio y libre, se procede a efectuar el replanteo, esto con el fin de prever los accesos para maquinaria, camiones y rampas a usarse en el proceso de excavación.

Se empieza con el movimiento de tierra, consistiendo este en la excavación para acondicionar y alcanzar la altura necesaria para la colocación de la estructura de la sub-base, base y carpeta de rodamiento. El material que sea removido servirá después para incorporarse en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier otro elemento que se relacione con la construcción de la carretera. El material sobrante será catalogado como desperdicio.

Será responsabilidad del contratista velar por el buen uso del material con el fin de que este no sea desperdiciado y/o contaminado y deberá definir la estrategia de trabajo y puntos de acopio de manera que el acarreo esté en el rango de 50m como acarreo libre.

El fondo de la excavación deberá ser escarificado y re compactado en un espesor de 15 cm como mínimo, con un grado de compactación del 95 % referenciada al método del Proctor Standard. El material sobrante de la excavación se depositará a una distancia no mayor de 1 km.

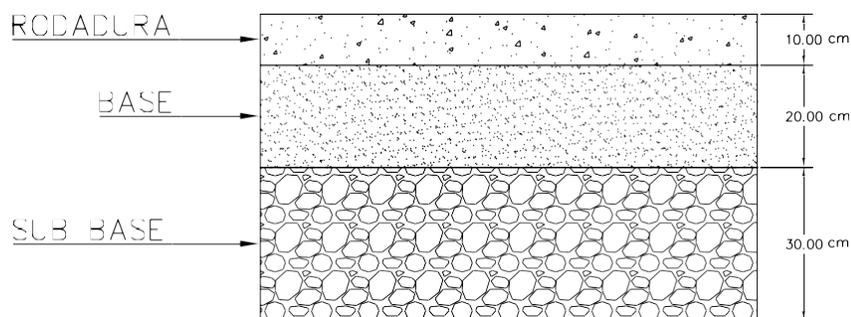
Estructura de pavimento

El objetivo principal de la estructura de pavimento es que el conjunto de capas de distintos materiales sea capaz de resistir las cargas del tránsito para un periodo de diseño.

La estructura de pavimento flexible estará compuesta por una superficie de rodamiento conformada por mezcla asfáltica modificada con polímeros, con un espesor de 10.00 cm, una base de agregados triturados estabilizados con emulsión asfáltica con espesor de 20.00 cm y una subbase de agregados triturados con espesor de 30 cm según lo especificado en el diseño de pavimento.

Figura 25

Estructura de Pavimento



Fuente: elaboración propia

De las fuentes o bancos de materiales establecidos se podrá obtener los materiales para terracerías, estabilizaciones y probablemente material rocoso para la trituración de agregados que vayan a ser utilizados en la carpeta asfáltica, base y subbase de la estructura de pavimento proyectado.

Adicionalmente se podría obtener materiales granulares de mediana a poca plasticidad en los cortes de las zonas de ampliación de la carretera. Estos también podrían ser usados, ya sea solos o con material de préstamo, como material de relleno, terracerías y estabilizaciones con cemento hidráulico.

En cuanto a los materiales existentes en la carretera actual, podrían ser utilizados en la nueva estructura de pavimento, principalmente el material que conforma la carpeta actual y la base granular. Esto estará en dependencia de la estrategia de trabajo que pueda implementar el contratista y el diseño nuevo de dicho pavimento.

Drenaje menor

Como se mencionó anteriormente este tramo no cuenta con obras hidráulicas de drenaje menor, por lo tanto, se puede afirmar que el sistema de drenaje actual consta únicamente por cunetas en estado natural y la pendiente transversal del rodamiento.

El objetivo principal de los estudios hidrotécnicos del drenaje menor, es valorar el estado de conservación y funcionamiento de las estructuras que lo conforman, identificando cualquier tipo de deficiencia en éstas, o la necesidad de incluir más obras para satisfacer las demandas de drenaje de la vía.

Para esto es importante cuantificar los volúmenes de escorrentía superficial que se presentarán en el sitio del proyecto, de manera que sea posible diseñar obras de drenaje con secciones hidráulicas adecuadas para evacuar dichos caudales.

La proyección de estas obras hidráulicas incluye un estudio hidrológico y un estudio hidráulico, para el caso del drenaje menor, los estudios se han orientado a determinar los caudales hidrológicos para un período de retorno de 25 años, es decir, las secciones hidráulicas de las obras de drenaje finales, deberán satisfacer un evento de diseño esperado con 4% de probabilidad.

A nivel general, el objetivo de los estudios hidrotécnicos para el diseño de las estructuras de drenaje menor debe permitir establecer lo siguiente:

Ubicación del cruce

- Caudal máximo de diseño hasta la ubicación del cruce.
- Altura de agua en la embocadura.

- Área de la sección hidráulica.
- Velocidad de la corriente en la salida.
- Nivel de entrada y salida de la estructura.
- Numero de conductos de la estructura.
- Obras de protección y obras complementarias necesarias para controlar los efectos erosivos en las estructuras.

Para el relevamiento de la obra de drenaje menor se efectuó el relevamiento del cauce aguas arriba y aguas abajo (40 metros en ambos casos) del centro de la alcantarilla.

El relevamiento comprende perfiles transversales al cauce hasta 10 metros más allá del borde del cauce existente. La longitud para esta sección es todo el ancho del cauce y hasta un nivel superior al de las aguas máximas extraordinarias (NAME).

Señalización.

Para la señalización vertical las señales se colocarán al lado derecho de la vía, donde los conductores ya se han acostumbrado a buscarlas, deberán colocarse de tal forma que no se oculten unas a otras, o que queden ocultas de la visual de los conductores por otros objetos existentes al lado de la vía.

El (SIECA) establece que las señales deberán tener una altura libre estándar de por lo menos 2.10 m, desde el borde de la superficie del pavimento hasta la parte inferior de la señal, proyectado desde la rasante de la carretera.

Las señales deberán tener el máximo espacio lateral posible desde el borde de la calzada por la seguridad de los conductores, para evitar que quienes se salgan de la vía lleguen a impactar las estructuras de soporte de las señales. Cuando el espacio lateral es restringido, la distancia o claro lateral mínimo depende de la zona en que se ubique la carretera y del tipo de vía.

El (SIECA) también recomienda que deberán tener una distancia mínima de 1.50 m desde el borde del carril más externo hasta la proyección vertical del borde más cercano de la señal, aunque es deseable una distancia de 3.65 m en caso de que no exista hombro. Cuando la carretera esté provista de hombro de 0.80 m de ancho entonces el espacio lateral mínimo debe oscilar entre 0.60 m y 1.20 m desde el borde del hombro.

Para la señalización horizontal las distintas categorías de las instalaciones termoplásticas requieren técnicas de aplicación muy diversas. Al seleccionar los materiales termoplásticos más apropiados, el procedimiento de aplicación para cada categoría debe ser cuidadosamente considerado desde el punto de vista de los requerimientos físicos para lograr una adhesión adecuada, así como el equipo y los requerimientos de mano de obra.

El tipo de instalación (marcaciones transversales o longitudinales), tipo de carretera (urbana o rural), tipo de pavimento (concreto asfáltico o concreto Portland), magnitud y otras características del proyecto influirán en el método de aplicación.

En el espesor de aplicación las demarcaciones más espesas en la escala de 2.3 a 3.1 mm (90 a 124 milésimas de pulgada) brindan mejor visibilidad en noches húmedas. El proceso de extracción es más compatible en las aplicaciones espesas, especialmente si 3.1 mm (125 milésimas de pulgada) son deseados. El proceso de atomización es más adecuado para la aplicación de 90 milésimas de pulgada (2.3 milímetros) o menos cumpliendo con la norma (AASHTO) M 249.

En el acondicionamiento de la superficie donde no existen previas demarcaciones, la (AASHTO) recomienda que la carretera debe ser marcada con líneas guías, utilizando los mismos métodos para la aplicación de pintura. A la carretera se le deberá secar la humedad, rocío y condensación atmosférica. La temperatura ambiente deberá ser sobre los 10°C (50°F) o la temperatura recomendada por el fabricante. El tipo y la condición de la superficie del pavimento durante la instalación es un factor crítico para asegurar la mejor adhesión posible entre la película de termoplástico y la carretera. La preparación de la superficie puede involucrar la limpieza y/o aplicación de un primer sellador para promover la adhesión.

3.2.11. Plan de ejecución de obra.

El plan de ejecución de obras que se muestra a continuación, considera tiempos y actividades a realizar en la ejecución del proyecto. Estas actividades y tiempo semuestran resumidas, pero fueron obtenidas en Project y algunas son predecesoras de otras.

Tabla 25

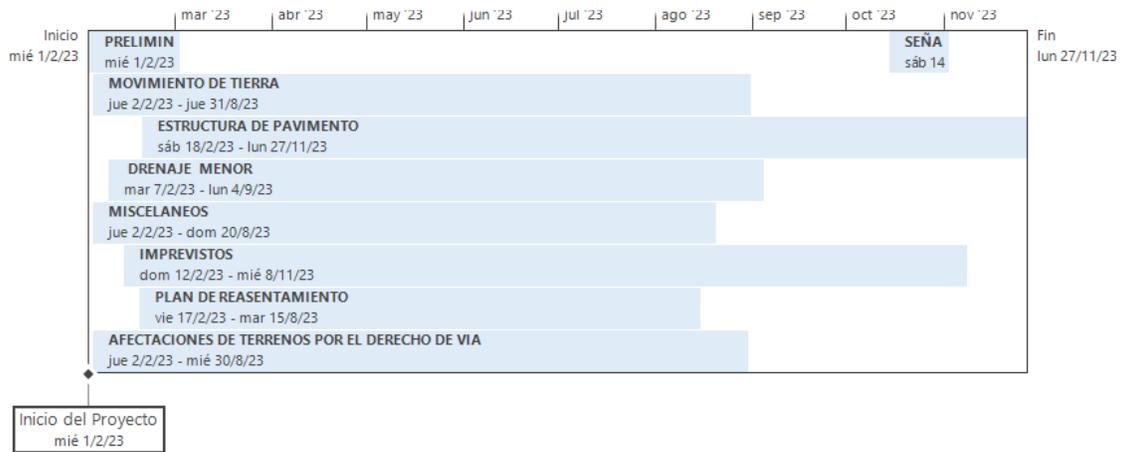
Plan de Ejecución de Obras

| Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|--|-----------------|-----------------|----------------|
| Programa de trabajo circunvalación Diriamba – Jinotepe | 450 días | mié 1/2/23 | jue 25/4/24 |
| Preliminares | 180 días | mié 1/2/23 | dom 30/7/23 |
| Imprevistos | 270 días | mié 12/7/23 | sáb 6/4/24 |
| Movimiento de tierra | 243 días | dom 2/7/23 | jue 29/2/24 |
| Estructura de pavimento | 283 días | mar 18/7/23 | jue 25/4/24 |
| Drenaje menor | 247 días | vie 7/7/23 | sáb 9/3/24 |
| Misceláneos | 284 días | dom 2/7/23 | mié 10/4/24 |
| Señalización | 45 días | mar 12/3/24 | jue 25/4/24 |
| Trabajos ambientales y sociales | 271 días | sáb 1/7/23 | mié 27/3/24 |
| Plan de reasentamiento | 180 días | lun 17/7/23 | vie 12/1/24 |

Fuente: elaboración propia

Figura 26

Diagrama de Plan de Ejecucion de Obras



Fuente: elaboración propia

3.2.12. Especificaciones técnicas del proyecto

La construcción de esta carretera, se regirá por las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC (2019).

- Para la sub Rasante a lo largo del Sub Tramo, se aplicará lo especificado en las normas Nic-200 más actualizaciones en la sección 208-Acabado de la Sub Rasante. Con respecto a los materiales a emplearse se deberá cumplir con lo estipulados en los artículos relacionados, materiales para capa superior de terraplén, Préstamo selecto Artículo-103.24 F. o con lo estipulado, para el material selecto, para capa superior del terraplén Artículo-103.24 F. Las zonas afectadas y todas las otras partes bajas, hoyos o depresiones, deberán ser nivelados con material selecto, que cumpla los requerimientos de las Sección-203, Sección-301 ó Sección-302, según sea el caso. Luego todo el ancho de la vía deberá ser conformado y compactado como se estipula en la Sección-203.
- Para la Base Granular los materiales encontrados en los bancos, con los que se pueda concluir que son aptos para ser empleados como base granular y/o material selecto, debe cumplirse con lo estipulado Sección 306 Capas de Agregados Granulares Naturales (Sub base, Base y Superficies de Revestimiento).
- Para Bases Estabilizadas con Cemento Se debe de cumplir con lo estipulado en la Sección 306 para materiales de base.

Al igual que para cada proceso que requiere la construcción se cumple desde el diseño con especificaciones para cada área utilizando normativas internacionales como AASHTO, SIECA, ASTM entre otras.

Señalización

Las siguientes especificaciones fueron tomadas del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito y NIC 2019, el propósito es brindar una guía para los ingenieros Responsables del proyecto, para la construcción e instalaciones de los dispositivos de tránsito, los materiales deben ajustarse a normas que garanticen la durabilidad y funcionabilidad, pueden ser sustituidos los materiales con otros superiores.

Especificaciones Señalización Vertical

Tableros de Acero:

El acero es el más usado por su bajo costo y evitar el vandalismo los paneles se fabricarán de láminas galvanizadas de 1.6 mm, que cumplan con la norma ASTM A653. Se debe dar un recubrimiento de zinc (denominación G 90) de 275 micras de espesor.

Los sistemas adhesivos para unir láminas retro-reflectivas a los materiales de soporte, se utilizará conforme la clasificación de la Norma ASTM D-4956, correspondiente a Adhesivos Sensibles a la Presión, los cuales pueden ser aplicados a temperaturas de ambiente con aplicadores mecánicos o manual.

Los paneles deben ser planos, no se deben doblar o pandear y se deben limpiar, desengrasar y preparar de acuerdo con los métodos recomendados por los fabricantes de las láminas.

Las esquinas de los tableros deben ser redondeadas

Postes para Señales:

Los postes serán de acero con sección cuadrada de 2" x 2", calibre 14; que pesen al menos 3 kilogramos por metro y que cumplan con la norma ASTM A36. Galvanizar los postes de acuerdo con la norma ASTM A 123. Los tornillos, tuercas y arandelas de acero utilizados para la fijación de las señales deberán cumplir con la norma ASTM A 153.

Especificaciones Señalamiento Horizontal

Pintura de tráfico:

Tipo de Pintura para demarcación, pintura de tránsito convencional. Suministre una pintura mezclada previamente para uso en pavimentos de asfalto y de concreto que cumplan la norma FSS TT-P-115 F. Para pintar bordillos, cunetas barandas de puentes y postes de Kilómetros.

Se aplicará 7 libras de micro esferas como mínimas por galón de pintura

Pintura Termoplástica

Para marcar líneas longitudinales, cruces de peatones, leyendas, flechas, retenidas y cebras. Deben cumplir con la norma (AASHTO) M 249.

Esferas de Vidrio:

La cantidad de esferas de vidrio a aplicar sobre la pintura húmeda deberá ser de 0.72 kilo por cada litro de pintura.

Las esferas de vidrio, que se utilizarán en la pintura de tráfico para producir una marcación reflectorizada en el pavimento, deberán cumplir con los requisitos descritos a continuación y con la norma (AASHTO) M247

Maquinaria a utilizar

- camión volquete
- motoniveladora
- compactadora
- distribuidor de asfalto
- pavimentadora asfáltica
- barredora

3.2.13. Volúmenes de obra

Tabla 26

Volúmenes de Obras

| Concepto de Obra | Unidad de Medida | Cantidad |
|--|------------------|----------|
| IMPREVISTOS | | |
| Imprevistos | Glb. | 1 |
| Abra y Destronque | Ha. | 17.758 |
| Excavación en la Vía | m ³ | 22537 |
| Subexcavación | m ³ | 1902 |
| Construcción de Terraplenes con Material de Excavación en la Vía | m ³ | 9015 |
| ESTRUCTURA DE PAVIMENTO | | |
| Base de Agregados Triturados, Estabilizada con Emulsión asfáltica | m ³ | 13870 |
| Subbase Triturada Graduación C | m ³ | 22681 |
| Emulsión Asfáltica Para Imprimación | Litro | 100062 |
| Emulsión Asfáltica Para Riego de Liga | Litro | 51884 |
| Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente Mejorado (Polímeros) | m ³ | 6456 |
| DRENAJE MENOR | | |
| Canales Menores | m ³ | 101 |
| Excavación Para Estructuras | m ³ | 420 |
| Relleno Para Cimientos | m ³ | 51 |
| Mampostería de Piedra Bruta con Mortero Arena Cemento Para Drenaje Menor | m ³ | 256 |
| Tubería de Concreto Reforzado de 91 cm (36"), Clase 2 | ml | 156 |
| Tubería de Concreto Reforzado de 91 cm (36"), Clase 4 | ml | 14 |
| Tubería de Concreto Reforzado de 107 cm (42"), Clase 2 | ml | 29 |
| Tubería de Concreto Reforzado de 122 cm (48"), Clase 2 | ml | 65 |
| Tubería de Concreto Reforzado de 122 cm (48"), Clase 4 | ml | 7 |
| Tubería de Concreto Reforzado de 137 cm (54"), Clase 2 | ml | 24 |
| Material de Lecho de Tubería, Clase "B" | m ³ | 73 |
| Material de Relleno de Alcantarillas | m ³ | 1116 |

| Concepto de Obra | Unidad de Medida | Cantidad |
|--|-------------------------|-----------------|
| MISCELÁNEOS | | |
| Remoción y Reinstalación de Poste de Tendido Eléctrico | c/u | 8 |
| Remoción y Reinstalación de Portones | c/u | 3 |
| Remoción de Muro | ml | 30 |
| Remoción de Cercas de Alambre de Púas | ml | 17692 |
| Concreto Para Cuneta Urbana de 3,500psi | m ³ | 824 |
| Cercas y Portones de Alambre de Púas | ml | 17692 |
| Anden de Concreto de 2,500 Psi 0.10m de Espesor | m ² | 6316 |
| Revestimiento de Cunetas, Tipo II, Espesor 15 Cm, F'c= 100Kg. /cm ² | m ² | 152 |
| SEÑALIZACIÓN | | |
| Instalación de Señales verticales velocidad máxima | c/u | 14 |
| Instalación de Señales verticales informativas | c/u | 6 |
| Instalación de Señales verticales sencillas | c/u | 29 |
| Marcas de Pavimento, Tipo Línea Continúa Termoplástica Amarilla 0.12 cm de Ancho | km | 6 |
| Línea Continua Canalizadora Termoplástica 15cm Ancho | km | 0.30 |
| Línea Discontinua Canalizadora Termoplástica 1mx1m | Km | 0.44 |
| Marcas de Pavimento, Tipo Línea Discontinua Termoplástica amarilla 12cm de Ancho | km | 0.8 |
| Marcas de Pavimento, Tipo Línea Paralela Continua Termoplástica Blanca 12cm de Ancho | km | 5 |
| Marcas de Pavimento, Tipo Simbología y Letras | m ² | 456 |
| Marcas de Pavimento Resaltadas (Violetas) | c/u | 3030 |
| Pintura de Bordillo | m ² | 13464 |
| Postes Guías | c/u | 27 |
| Postes de Kilometraje | c/u | 6 |
| TRABAJOS AMBIENTALES Y SOCIALES | | |
| Engramado (Sembrado Por Medio de Estolones) | m ² | 11415 |
| Siembra de Plantas | c/u | 11765 |
| PLAN DE REASENTAMIENTO | | |

| Concepto de Obra | Unidad de Medida | Cantidad |
|---|-------------------------|-----------------|
| Obras de Reposición de Afectaciones totales a Viviendas | c/u | 6 |
| Obras de Reposición de Afectaciones Parciales a Viviendas | c/u | 11 |
| AFECTACIONES DE TERRENOS POR EL DERECHO DE VÍA | | |
| Afectaciones de Terrenos por el Derecho de vía | m ² | 182894 |

Fuente: elaboración propia.

CAPITULO IV: ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

En este capítulo se incluye la estimación de costos de construcción y mantenimiento de las obras de la construcción del tramo de carretera “Diriamba – Jinotepe”, ubicado en el departamento de Carazo, de 6km de longitud.

Para la evaluación socioeconómica del proyecto se hará uso de los parámetros socio económicos VANE (Valor Actual Neto Económico) y TIRE (Tasa Interna de Retorno Económica) y Relación Beneficio/costo.

4.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO

En la estimación de la inversión se contemplan los activos fijos en este caso la construcción de las obras.

4.1.1 Presupuesto

Se muestran los conceptos y volúmenes de obra que se estimaron en el proyecto tomando en consideración el ancho de rodamiento a lo largo de los 6 km.

4.1.2 costos directos.

El cálculo del costo unitario según cada concepto de obra, está basado sobre el aporte de los rubros de materiales, equipo y mano de obra que se designan como “**Costos Directos**”, que son necesarios para la realización de un proceso productivo. A dichos costos se les agregó una parte proporcional de todos los costos indirectos que corresponden a los gastos administrativos necesarios para la correcta realización de un proceso productivo.

Tabla 27

Resumen de Costos directos

| Concepto de obra | Costos |
|--|---------------------------|
| Imprevistos | C\$ 5,000,000.00 |
| Movimiento de Tierra | C\$ 6,342,398.97 |
| Estructura de pavimento | C\$ 113,275,628.11 |
| Drenaje Menor | C\$ 5,973,824.80 |
| Misceláneos | C\$ 16,064,069.41 |
| Señalización | C\$ 8,554,343.45 |
| Trabajos ambientales y Sociales | C\$ 2,599,537.95 |
| Plan de reaseamiento | C\$ 6,291,009.50 |
| Afectaciones de Terreno por derecho de vía | C\$ 10,929,745.44 |
| TOTAL, SIN IMPUESTOS SIN ESCALAMIENTO | C\$ 175,030,557.63 |

| Concepto de obra | | Costos |
|---------------------------------------|-------|---------------------------|
| Escalamiento de Precios | 3.50% | C\$ 5,951,069.52 |
| TOTAL, SIN IMPUESTOS CON ESCALAMIENTO | | C\$ 180,981,627.15 |
| Impuesto Municipal | 1% | C\$ 1,809,816.27 |
| IVA | 15% | C\$ 27,147,244.07 |
| TOTAL, CON IMPUESTOS | | C\$ 209,938,687.49 |

Fuente: Elaboración Propia

Los costos Directos para este proyecto son **C\$209,938,687.49**

El detalle que refleja la obtención de los costos directos se mostrara en el **anexo 5**.

4.1.3 Costos indirectos

Los costos indirectos, son todos aquellos costos que no están asociados directamente con alguna tarea de la obra, es decir, no intervienen de forma directa en obtener un producto terminado, sin embargo, son necesarios para realizar las gestiones y controles administrativos, legales, de logística, entre otros. En las tablas que se muestran a continuación se puede observar de forma desglosada el cálculo de los costos indirectos.

Para la obtención de los costos indirectos se realizaron unas tablas en Excel nombradas como Total 1, 2, ... 5 para tener un mejor orden a la hora de obtener los resultados a continuación se muestra el resumen de los totales de costos indirectos.

Tabla 28

Resumen de costos indirectos

| Detalle | Total |
|---|---------------------------------|
| Total, de Preliminares y gastos administrativos | C\$ 3,721,245.00 |
| Total, Salario del personal indirecto | C\$ 4,196,500.00 |
| Total, Salario extra del personal, prestaciones, transporte, equipo y otros | C\$ 10,911,040.05 |
| Total, Movilización y desmovilización del equipo | C\$ 440,130.32 |
| Total, Higiene y seguridad | C\$ 2,453,530.30 |
| Total, Indirectos | <u>C\$ 26.066.934.80</u> |

Fuente Elaboración Propia

La obtención de los costos indirectos de manera detallada se muestra en el **anexo 6**.

Tabla 29*Costos totales*

| Costos totales | |
|---------------------------|--------------------------|
| Costos Directos totales | C\$209,938,687.49 |
| Costos Indirectos totales | C\$26,066,934.80 |
| Gastos administrativos | C\$14,160,337.34 |
| Total | C\$250,165,959.63 |

Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de los gastos administrativos, se aplicó un gasto del 6% de la sumatoria total de los costos totales directos e indirectos. Obteniendo un costo total del proyecto de **C\$250,165,959.63**

4.1.4 Inversión diferida

La inversión diferida se refiere a los gastos necesarios para que el proyecto se inicie, entre estos se consideran los gastos de formulación y supervisión del proyecto correspondientes a un 4 % de los costos totales **C\$250,165,959.63** córdobas que incluye los costos directos, costos indirectos y gastos administrativos, que es un porcentaje recomendado por (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos)

Tabla 30*Inversión diferida*

| | | |
|--------------------------|------------|----------------------|
| Formulación de proyecto | C\$ | 10,006,638.39 |
| Supervisión del proyecto | C\$ | 10,006,638.39 |
| Total | C\$ | 20,013,276.77 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Inversión Total

Tabla 31

Inversión total

| | |
|--------------------|---------------------------|
| Inversión Total | C\$ 250,165,959.63 |
| Inversión diferida | C\$ 20,013,276.77 |
| Total | C\$ 270,179,236.40 |

Fuente: Elaboración propia

4.2 COSTOS DEL PROYECTO.

4.2.1 costos de mantenimiento

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

Para la alternativa propuesta “Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente (Asfalto Modificado). Subbase Agregado Triturado y Base Agregado Triturado Tratada con Emulsión Asfáltica”. Se estima que se aplique un mantenimiento rutinario en periodos anuales, es decir, el primer mantenimiento debe ser ejecutado al primer año una vez que el proyecto haya sido finalizado. Asimismo, se ha estimado que es necesario aplicar un mantenimiento con mayores alcances, lo que representa una mayor inversión.

El plan de mantenimiento ha sido organizado conforme a los requerimientos y estándares establecidos en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, SIECA (2011), complementado con las Especificaciones Técnicas NIC (2019).

Asimismo, se tomó en cuenta las técnicas y estrategias con que ha venido trabajando el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV) en los últimos años.

Tabla 32

Monto requerido para escenario con proyecto

| Concepto de Obra | Unidad de | Cantidad | Costo Directo | Costo de Venta | | Costo de Venta con Impuestos (1% Municipal, IVA 15%) |
|---|----------------|----------|---------------|----------------|-----------------|--|
| | Medida | | C\$ Unit | C\$ PU | \$ PU | |
| Limpieza del derecho de vía | Km/Año | 6 | 16,236 | 20,295 | 563.74 | 654 |
| Limpieza de Alcantarillas y cunetas | Km/Año | 6 | 17,772 | 22,216 | 617.10 | 716 |
| COSTO SEÑALIZACIÓN | | | | 250,971 | 6,971.42 | |
| Señalización horizontal, línea continua amarilla termoplástica | Km/Año | 6 | 50,183 | 62,729 | 1,742.48 | 2,021 |
| Señalización horizontal, línea discontinua amarilla termoplástica | Km/Año | 6 | 18,167 | 22,708 | 630.79 | 732 |
| Señalización horizontal, línea continua blanca termoplástica | Km/Año | 6 | 100,367 | 125,458 | 3,484.95 | 4,043 |
| Marcas de Pavimento, Tipo Simbología y Letras Termoplástica | Km/Año | 6 | 12,277 | 15,347 | 426.30 | 495 |
| Marcas de Pavimento Resaltadas (Violetas) | Km/Año | 6 | 9,534 | 11,917 | 331.03 | 384 |
| Señalización vertical | Km/Año | 6 | 10,249 | 12,812 | 355.88 | 413 |
| | | | | | | |
| Limpieza de canales de forma manual | Km/Año | 6 | 19,856 | 24,820 | 689.44 | 800 |
| Bacheo Superficial de Pavimento Bituminoso en Frío | m ² | 2,304 | 2,064 | 2,580 | 71.67 | 83 |
| Tratamiento Superficial Simple | m ² | 57,600 | 47 | 58 | 1.62 | 2 |

| Concepto de Obra | Unidad de | Cantidad | Costo Directo | Costo de Venta | | Costo de Venta con Impuestos (1% Municipal, IVA 15%) |
|---|----------------|----------|------------------------------|----------------|-------|--|
| | Medida | | C\$ Unit | C\$ PU | \$ PU | |
| Sobre carpeta | m ² | 57,600 | 490 | 613 | 17.03 | 20 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Costo total de Mantenimiento precio social | | | 257,241.99 | | | |
| Administración de campo | 12.00 % | | | | | |
| Administración central | 3.00% | | | | | |
| Utilidad | 10.00 % | | | | | |
| Factor de Sobrecostos | 1.2500 | | costo total de mantenimiento | | | \$10,361.14 |
| | | | | | | C\$ 373,000.91 |

Fuente elaboración propia.

Transformando los costos de mantenimiento a costos sociales y aplicando los factores de corrección por mano de obra que recomienda el (SNIP) en la Tabla 10 de su documento.

Tabla 33

Precios básicos de Nicaragua

Tabla 10. Precios sociales básicos de Nicaragua

| Recurso | Factor de corrección (o precio social) |
|------------------------------------|---|
| Mano de obra calificada (MOC) | 0.82 |
| Mano de obra no calificada (MOSC) | 0.54 |
| Divisa | 1.015 |
| Capital (Tasa Social de Descuento) | 8% |

Fuente: (SNIP)

Se obtiene un costo de mantenimiento en precio social de:

Tabla 34

Costo de mantenimiento en precio social

| | |
|--------------|------------------|
| Anual | C\$ 257,241.99 |
| para 10 años | C\$ 2,572,419.90 |
| para 20 años | C\$ 5,144,839.80 |

Fuente: *Elaboración Propia.*

4.3. BENEFICIOS DEL PROYECTO

4.3.1 Plusvalía de las propiedades

Este es un beneficio para las viviendas o propiedades que se encuentran dentro de la zona del proyecto al construirse la carretera.

Se contabilizan 41 viviendas que serán beneficiadas directamente por el proyecto, que están localizadas a ambos lados de la carretera a construir. El valor unitario de viviendas fue proporcionado por la Cámara Nicaragüense de Corredores de Bienes y Raíces (CANIBIR), que estima que el valor promedio de las propiedades de la zona es de \$21,000 dólares americanos o su equivalente en córdobas utilizando una tasa de cambio: 1\$:36C\$ que es: 756,000.00 C\$ aproximadamente obtuvimos la siguiente tabla aplicando un incremento del 30%.

Tabla 35*Plusvalía de las propiedades*

| Descripción | U/M | Monto |
|--------------------------------|------------|----------------------|
| Nº de viviendas beneficiadas | C/U | 41 |
| Precio unitario | C\$ | 756,000.00 |
| Precio total | C\$ | 30,996,000.00 |
| incremento del | 30% | |
| Precio unitario con incremento | C\$ | 982,800.00 |
| Precio total | C\$ | 40,294,800.00 |
| cantidad incrementada | C\$ | 9,298,800.00 |

Fuente: elaboración propia.

4.3.2 Deterioro del parque vehicular

Para realizar una aproximación del ahorro en el gasto por deterioro vehicular que se produce al transitar una vía en óptimas condiciones se consideró una vida útil de 6 años según (Assegur, 2021) para todos los vehículos de lo que se obtiene un valor anual de depreciación del 20% esto según el artículo 34 del reglamento de la (Ley N. 822 Ley de concentracion tributaria) y tomando en cuenta un precio promedio de 5000\$ dólares americanos que corresponden a un vehículo liviano.

$$\% \text{ de ahorro por deterioro del parque vehicular} = \frac{1km}{6km} * 100 = 0.16\%$$

Se atribuyó un ahorro del 16% anual como un valor aproximado asignado al tránsito de la carretera. Este valor es aproximado considerando que de todo su recorrido anual el vehículo transitará 16% en la vía. Haciendo uso del TPDA proyectado se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 36*Deterioro del Parque Vehicular*

| Años | TPDA | Depreciación anual (C\$) | Ahorro del 16% (C\$) |
|-------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 2023 | 9,149.00 | 329,364,000.00 | 52,698,240.00 |
| 2024 | 9,425.00 | 339,300,000.00 | 54,288,000.00 |
| 2025 | 9,708.00 | 349,488,000.00 | 55,918,080.00 |
| 2026 | 10,001.00 | 360,036,000.00 | 57,605,760.00 |
| 2027 | 10,302.00 | 370,872,000.00 | 59,339,520.00 |
| 2028 | 10,612.00 | 382,032,000.00 | 61,125,120.00 |
| 2029 | 10,931.00 | 393,516,000.00 | 62,962,560.00 |
| 2030 | 11,260.00 | 405,360,000.00 | 64,857,600.00 |
| 2031 | 11,599.00 | 417,564,000.00 | 66,810,240.00 |
| 2032 | 11,948.00 | 430,128,000.00 | 68,820,480.00 |
| 2033 | 12,308.00 | 443,088,000.00 | 70,894,080.00 |
| 2034 | 12,678.00 | 456,408,000.00 | 73,025,280.00 |
| 2035 | 13,060.00 | 470,160,000.00 | 75,225,600.00 |
| 2036 | 13,453.00 | 484,308,000.00 | 77,489,280.00 |
| 2037 | 13,858.00 | 498,888,000.00 | 79,822,080.00 |
| 2038 | 14,275.00 | 513,900,000.00 | 82,224,000.00 |
| 2039 | 14,705.00 | 529,380,000.00 | 84,700,800.00 |
| 2040 | 15,147.00 | 545,292,000.00 | 87,246,720.00 |
| 2041 | 15,603.00 | 561,708,000.00 | 89,873,280.00 |
| 2042 | 16,073.00 | 578,628,000.00 | 92,580,480.00 |

*Fuente: elaboración propia***4.3.3 Beneficios totales**

Para la obtención de los beneficios por año utilizamos la siguiente formula

Beneficios = Ahorro por plusvalia + Ahorro en depreciacion vehicular

Beneficios = 9,298,800 + 52,698,240 = 61,997,040 C\$

Tabla 37*Beneficios totales*

| Años | Ahorro por plusvalía | Ahorro en depreciación vehicular (C\$) | Total |
|-------------|-----------------------------|---|---------------|
| 2023 | 9,298,800.00 | 52,698,240.00 | 61,997,040.00 |
| 2024 | | 54,288,000.00 | 54,288,000.00 |
| 2025 | | 55,918,080.00 | 55,918,080.00 |
| 2026 | | 57,605,760.00 | 57,605,760.00 |
| 2027 | | 59,339,520.00 | 59,339,520.00 |
| 2028 | | 61,125,120.00 | 61,125,120.00 |
| 2029 | | 62,962,560.00 | 62,962,560.00 |
| 2030 | | 64,857,600.00 | 64,857,600.00 |
| 2031 | | 66,810,240.00 | 66,810,240.00 |
| 2032 | | 68,820,480.00 | 68,820,480.00 |
| 2033 | | 70,894,080.00 | 70,894,080.00 |
| 2034 | | 73,025,280.00 | 73,025,280.00 |
| 2035 | | 75,225,600.00 | 75,225,600.00 |
| 2036 | | 77,489,280.00 | 77,489,280.00 |
| 2037 | | 79,822,080.00 | 79,822,080.00 |
| 2038 | | 82,224,000.00 | 82,224,000.00 |
| 2039 | | 84,700,800.00 | 84,700,800.00 |
| 2040 | | 87,246,720.00 | 87,246,720.00 |
| 2041 | | 89,873,280.00 | 89,873,280.00 |
| 2042 | | 92,580,480.00 | 92,580,480.00 |

Fuente: elaboración propia.

4.4 FLUJO NETO EFECTIVO

4.4.1 Transformación a precio social.

Antes de obtener el flujo neto efectivo es importante aplicar los factores de corrección por mano de obra que recomienda el (SNIP) a la inversión para transformarla a precios sociales.

Como se puede observar en el inciso 4.1.2 de este capítulo el costo directo total mostrado de **C\$ 209,938,687.49** se encuentra en precio comercial como sabemos el proyecto de la circunvalación es un proyecto social al ser del estado él (SNIP) recomienda pasar estos costos a precio social en este caso se estará tomando estos costos sin IVA ni sobre costo para obtener un resultado que nos ayude a calcular el flujo efectivo correspondiente.

De igual forma de manera más detallada se obtiene este dato del **anexo 5** de este documento.

Así mismo en el inciso 4.1.3 de este capítulo tenemos un resumen de costos indirectos que están en precio comercial realizando las transformaciones a precio social como recomienda el (SNIP), en el anexo 6 de este documento se obtiene lo siguiente. Utilizando esta tabla mencionada anteriormente

Tabla 38

Precios básicos de Nicaragua

Tabla 10. Precios sociales básicos de Nicaragua

| Recurso | Factor de corrección (o precio social) |
|------------------------------------|---|
| Mano de obra calificada (MOC) | 0.82 |
| Mano de obra no calificada (MOSC) | 0.54 |
| Divisa | 1.015 |
| Capital (Tasa Social de Descuento) | 8% |

Fuente: (SNIP)

se realiza la corrección de factor de modificación de mano de obra con el total de salario de personal mostrado en el **anexo 6** de C\$ 4,196,500.00 se obtiene.

De igual forma esto se realizó para los demás salarios y cualquier otro termino que lo requería.

A continuación, se muestra el resumen de los nuevos costos indirectos transformados a precio social.

Tabla 39

Nuevos Costos Indirectos Transformados

| Detalle | | | Total |
|--|--|--|---------------------------------|
| Total, de Preliminares y gastos administrativos | | | C\$ 3,721,245.00 |
| Salario del personal indirecto | | | C\$ 3,441,130.00 |
| Salario extra del personal, prestaciones, transporte, equipo y otros | | | C\$ 10,433,878.16 |
| Movilización y desmovilización del equipo | | | C\$ 440,130.32 |
| Higiene y seguridad | | | C\$ 2,453,530.30 |
| Total, Indirectos | | | <u>C\$ 24,587,896.54</u> |

Fuente: Elaboración Propia

De manera más detallada se muestra el desglose en el **anexo 6** de este documento.

Realizando el procedimiento mostrado en el inciso 4.1 de este documento obtenemos una nueva inversión en precio social mostrada a continuación.

Tabla 40

Inversión en precio social

| <u>Inversión en precio social</u> | |
|--|---------------------------|
| Costos directos | C\$ 180,981,627.15 |
| costos indirectos | C\$ 24,587,896.54 |
| Gastos administrativos | C\$ 12,334,171.42 |
| <u>costos totales</u> | C\$ 217,903,695.11 |
| Formulación de proyecto | C\$ 8,716,147.80 |
| Supervisión del proyecto | C\$ 8,716,147.80 |
| <u>Total</u> | C\$ 17,432,295.61 |
| Inversión total | C\$ 235,335,990.72 |

Fuente: elaboración propia.

4.2 Obtención de Flujo neto efectivo.

Para calcular el FNE debe de acudir a los pronóstico tanto de la inversión inicial como del estado de resultado del proyecto. Como se sabe la inversión inicial supone los diferentes desembolsos que hará la empresa en el momento de ejecutar el proyecto en el año cero.

Teniendo nuestra nueva inversión en precio social de 235,335,990.72 C\$.

Haciendo uso de la siguiente formula

$$FNE = Beneficios - costos de mantenimiento$$

Esto para cada año correspondiente como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 41

Flujo neto efectivo

| Años | Beneficios | Costo de mantenimiento | Inversión | FNE |
|-------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| 2022 | | | C\$ 235,335,990.72 | C\$ 235,335,990.72 |
| 2023 | 61,997,040.00 | | | 61,997,040.00 |
| 2024 | 54,288,000.00 | | | 54,288,000.00 |
| 2025 | 55,918,080.00 | | | 55,918,080.00 |
| 2026 | 57,605,760.00 | | | 57,605,760.00 |
| 2027 | 59,339,520.00 | | | 59,339,520.00 |
| 2028 | 61,125,120.00 | | | 61,125,120.00 |
| 2029 | 62,962,560.00 | | | 62,962,560.00 |
| 2030 | 64,857,600.00 | | | 64,857,600.00 |
| 2031 | 66,810,240.00 | | | 66,810,240.00 |
| 2032 | 68,820,480.00 | | | 68,820,480.00 |
| 2033 | 70,894,080.00 | 2,572,419.90 | | 68,321,660.10 |

| Años | Beneficios | Costo de mantenimiento | Inversión | FNE |
|-------------|-------------------|-------------------------------|------------------|---------------|
| 2034 | 73,025,280.00 | | | 73,025,280.00 |
| 2035 | 75,225,600.00 | | | 75,225,600.00 |
| 2036 | 77,489,280.00 | | | 77,489,280.00 |
| 2037 | 79,822,080.00 | | | 79,822,080.00 |
| 2038 | 82,224,000.00 | | | 82,224,000.00 |
| 2039 | 84,700,800.00 | | | 84,700,800.00 |
| 2040 | 87,246,720.00 | | | 87,246,720.00 |
| 2041 | 89,873,280.00 | | | 89,873,280.00 |
| 2042 | 92,580,480.00 | C\$5,144,840 | | 87,435,640.20 |

Fuente Elaboración propia

4.5 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.

4.5.1 Valor Actual Neto Económico (VANE)

Una inversión es rentable solo si el valor actual del flujo de beneficios es mayor que el flujo actualizado de los costos, cuando ambos son actualizados usando una tasa de descuento pertinente.

El VANE se define como el valor actualizado de los beneficios menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida. Para obtener el valor actual neto se utiliza la siguiente fórmula:

$$VANE = \sum \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

Dónde:

B_t . = beneficio del año t del proyecto.

C_t . = costo del año t del proyecto.

t = año correspondiente a la vida del proyecto, que varía entre 0 y n.

0 = año inicial del proyecto, en el cual comienza la inversión.

r = tasa social de descuento (8%)

cumpliendo los siguientes criterios de decisión:

Tabla 42

Criterio de decisión VANE

| Criterio de decisión VANE | |
|----------------------------------|-------------|
| Positivo (VAN > 0) | Se acepta |
| Nulo (VAN = 0) | Indiferente |
| Negativo (VAN < 0) | Se rechaza |

Fuente elaboración propia.

Utilizando una tasa social de descuento del 8 %, la cual es recomendada por el Sistema Nacional de Inversiones Públicas (SNIP) para evaluar proyectos sociales, se tiene el siguiente valor del Valor Actual Neto Económico.

Tabla 43

Valor Actual Neto Económico

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Tasa Social de descuento | 8% |
| VANE | C\$ 416,834,793.13 |

Fuente elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior el **VANE > 0**, por lo tanto, cumple el criterio.

4.5.2. Tasa Interna De Retorno Económica (TIRE)

Una inversión es rentable solo si la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE) es mayor que la Tasa Social de Descuento (TSD). La TIRE define como el valor de la tasa de

descuento que hace que el VANE sea igual a cero, esta viene definida por la siguiente fórmula:

$$VANE = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{Fn}{(1 + TIRE)^n} = 0$$

Dónde:

Fn. = Flujo de caja en el periodo n.

TIRE = Tasa Interna de Retorno Económica.

n = periodo.

I₀ = inversión inicial

cumpliendo los siguientes criterios de decisión

Tabla 44

Criterio de Decisión TIRE

| Criterio de decisión TIRE | |
|----------------------------------|-------------|
| TIRE > TSD | Se acepta |
| TIRE = TSD | Indiferente |
| TIRE < TSD | Se rechaza |

Fuente elaboración propia.

Tabla 45

Resultado del TIRE

| | |
|--------------------------|------------|
| Tasa Social de descuento | 8% |
| TIRE | 26% |

Fuente elaboración propia.

Comparando con una tasa social de descuento del 8 %, la cual es recomendada por el Sistema Nacional de Inversiones Públicas (SNIP) para evaluar proyectos sociales, la TIRE > TSD, por lo tanto, cumple el criterio.

4.5.3 Relación beneficio/costo (R B/C)

La relación beneficio/costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a un punto o a la sociedad en general. Esta viene dada por la siguiente formula:

$$\text{Relacion } B/C = \frac{\text{VAN Beneficios del proyecto}}{\text{VAN costo del proyecto}}$$

Tabla 46

Criterios de Decisión de R B/C

| Criterio de R B/C | |
|-------------------|-------------|
| R B/C > 1 | Se acepta |
| R B/C = 1 | Indiferente |
| R B/C < 1 | Se rechaza |

Fuente elaboración propia

Haciendo uso de la formula descrita anteriormente se obtuvo:

Tabla 47

Resultado de R B/C

| | |
|-------|------|
| R B/C | 2.90 |
|-------|------|

Fuente elaboración propia.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

5.1. CONCLUSIONES

Una vez realizados los estudios pertinentes del presente proyecto en función de los objetivos, se tiene información necesaria y suficiente que permita llegar a las siguientes conclusiones:

- Mediante el análisis de la oferta y la demanda del proyecto, se ha identificado que el principal problema en el sector es el congestionamiento del tráfico en el tramo de carretera entre Diriamba y Jinotepe. Este congestionamiento afecta tanto a los conductores de vehículos como a los residentes locales, generando accidentes y retrasos significativos en el tránsito diario.
- Se han establecido los aspectos técnicos necesarios para la construcción de la carretera. Esto implica la evaluación de las condiciones actuales de la vía en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:
- En el estudio topográfico, mediante el levantamiento altimétrico se determinó que el promedio de las pendientes es de 5.07%, esto quiere decir que el terreno en la zona de estudio va de plano a semi ondulado.
- En cuanto al estudio de tránsito dio como resultado un TPDA de 8882 vehículos por día para el tramo Las Esquinas – Diriamba y de 5315 para el tramo San Marcos – Jinotepe; siendo los vehículos livianos los de mayor afluencia. No obstante, se consideró como vehículo de diseño el camión WB – 20 (WB-65 o 67) dado que así lo establecen las políticas de diseño geométrico de la AASHTO 2001.
- También se proyectó el tránsito a 20 años y se determinó la capacidad de la vía a finales del periodo de diseño, donde se obtuvo que el TPDA para el año 2042 será de 204,442 vehículos por día. El servicio con el que operará la calle será de troncal principal.

Estos aspectos técnicos deben ser abordados durante el proceso de construcción para garantizar una carretera segura y funcional.

- A través del estudio socioeconómico realizado, se ha determinado la viabilidad del proyecto de construcción de la carretera entre Diriamba y Jinotepe. Este

estudio ha considerado aspectos económicos y sociales, como el impacto en la calidad de vida de los habitantes de la zona, la mejora en la conectividad y la reducción de costos de mantenimiento de vehículos, entre otros factores. Los resultados han demostrado que el proyecto es beneficioso desde una perspectiva socioeconómica.

- Tenemos que se obtuvo un Valor Actual Neto económico (VANE) de 416,834,793.13 córdobas, cumpliendo así con el criterio que nos indica que el $VANE > 0$. Por lo tanto, se concluye que el proyecto es rentable económicamente. A su vez, la Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE) siendo de 26%, comparado con la Tasa Social de Descuento del 8%, encontramos que cumple con el criterio establecido de $TIRE > TSD$. Así mismo se obtuvo un R B/C de 2.90, el cual de acuerdo a los criterios de decisión $R B/C > 1$, también cumple, afirmando así que el proyecto es rentable.

En resumen, el diagnóstico de la situación actual ha revelado el problema de congestionamiento vehicular en el tramo de carretera entre Diriamba y Jinotepe. Los aspectos técnicos necesarios para la construcción de la carretera han sido identificados y deben ser abordados durante el proceso de construcción. Además, el estudio socioeconómico ha demostrado la viabilidad del proyecto, destacando los beneficios económicos y sociales que se derivarán de su implementación. Estas conclusiones respaldan la importancia y la necesidad de llevar a cabo la construcción de la carretera para mejorar la movilidad y la calidad de vida en la zona.

5.2. RECOMENDACIONES

Posteriormente se presentan recomendaciones que deben ser tomadas en consideración:

- Se recomienda a las autoridades competentes, que dicho proyecto sea ejecutado conforme a la presente formulación, ya que esta demostró ser viable técnica y económicamente, con el objetivo de mejorar el bienestar de la comunidad.
- Así mismo se recomienda llevar a cabo estrategias que inste a los usuarios al cuidado de la obra y señalizaciones de la vía.

ANEXOS

