

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE 540 METROS DE ADOQUINADO EN EL BARRIO LA MASCOTA”, MUNICIPIO DE DIRIAMBA

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. María Auxiliadora
Maltez Arévalo
Carnet: 2019-04421

Br. Christopher
Gabriel Ocón
Granados
Carnet: 2019-04101

Br. Juan Daniel Solís
Castilblanco
Carnet: 2019-04291

MSc. Ing. Yader
Arnulfo Molina
Lagos.

DEDICATORIA

Este trabajo monográfico va dedicado a Dios por permitirnos llegar a este momento en nuestras vidas. A nuestros progenitores que han sido pilares en nuestras vidas, a todos los seres queridos que nos han apoyado e impulsado a avanzar este proyecto. Asimismo, a nuestro tutor, quien ha sido un importante guía, que estuvo presente durante cada etapa de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, queremos expresar nuestra gratitud a Dios, quien nos otorgó la gracia, sabiduría y paciencia para llevar a cabo este documento. También deseamos agradecer a nuestros padres por habernos brindado siempre su apoyo incondicional desde el principio hasta la culminación de esta etapa universitaria.

De la misma manera agradecer a nuestras familias y amigos, que estuvieron a nuestro lado durante todo el camino, alentándonos a seguir adelante, dándonos fuerza y motivación para finalizar de manera exitosa este trabajo monográfico.

Agradecemos también a los docentes que, a lo largo de nuestra carrera universitaria, han sido testigos de nuestro crecimiento personal y nos han transmitido sus conocimientos, a la Universidad Nacional de Ingeniería por abrirnos las puertas para formarnos profesionalmente.

Y, por último, pero no menos importante a nuestro tutor de tesis MSc. Ing. Yader Arnulfo Molina Lagos, quien ha sido fundamental para la elaboración de este trabajo gracias a sus valiosos consejos y correcciones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. OBJETIVOS	4
4.1. Objetivo general	4
4.2. Objetivos específicos	4
5. MARCO TEÓRICO	5
5.1. Proyecto	5
5.1.1. Transporte terrestre	5
5.1.2. Adoquinados	5
5.2. Estudio de prefactibilidad	6
5.2.1. Evaluación de un proyecto	6
5.3. Diagnóstico de la situación actual	7
5.3.1. Estudio de mercado	7
5.3.2. Análisis de la demanda	7
5.3.3. Comportamiento histórico	8
5.3.4. Característica de la demanda	8
5.3.5. Caracterización de los usuarios del proyecto	9
5.3.6. Proyección de la demanda	9
5.3.7. Análisis de las causas	9
5.3.8. Análisis de los efectos	10
5.3.9. Análisis de medios del proyecto	10
5.3.10. Análisis de fines del proyecto	10

5.3.11.	Análisis de la oferta	10
5.3.12.	Balance oferta – demanda	11
5.4.	Estudio técnico	11
5.4.1.	La localización	12
5.4.2.	Ingeniería del proyecto	12
5.4.3.	Topografía	12
5.4.4.	Banco de marca	13
5.4.5.	Proceso de georreferenciación	13
5.4.6.	Estudio geotécnico	13
5.4.7.	Movimientos de tierra	13
5.4.8.	Banco de materiales	14
5.4.9.	Aforo vehicular	14
5.4.10.	Diseño geométrico	14
5.4.11.	Actividades de construcción	15
5.4.12.	Presupuesto	15
5.4.13.	Costos de inversión	15
5.4.14.	Gastos de operación y mantenimiento	16
5.5.	Estudio financiero	17
5.5.1.	Flujo Neto de Efectivo	17
5.5.2.	Beneficio	18
5.5.3.	Tasa social de descuento	18
5.5.4.	Valor Actual Neto Económico (VANE)	18
5.5.5.	Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE)	19
5.5.6.	Relación Beneficio/Costo (R B/C)	20
5.5.7.	Evaluación social de proyectos	20

5.6.	Evaluación ambiental	21
5.6.1.	Impacto ambiental	21
5.6.2.	Valoración de impacto ambiental.....	22
5.6.3.	Matriz causa-efecto	22
5.6.4.	Matriz de valoración de impactos	23
5.6.5.	Matriz de importancia de impactos	23
6.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	24
6.1.	Descripción del diseño de la investigación.....	24
6.2.	Descripción del tipo de investigación	24
6.3.	Descripción del universo de estudio.....	24
6.4.	Descripción de fuentes de información	24
6.5.	Tipo de información requerida de las fuentes	25
6.6.	Instrumentos para la recopilación de Información.....	25
6.7.	Metodología del diagnóstico de la situación actual	26
6.8.	Metodología del estudio técnico.....	26
6.9.	Metodología del estudio financiero.....	26
6.10.	Reconocimiento del lugar	26
6.11.	Estudio Socio-Económico	27
6.12.	Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE).....	27
6.13.	Valor Actual Neto Económico (VANE)	27
6.14.	Levantamiento topográfico.....	28
6.15.	Cálculo de población.....	28
6.16.	Especificaciones técnicas	29
6.17.	Metodología de evaluación ambiental.....	29
6.17.1.	Matriz causa-efecto	29

6.17.2.	Matriz de valoración de impactos	30
6.17.3.	Matriz de importancia de impactos	30
7.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	31
7.1.	Relieve, clima, pluviosidad	31
7.1.1.	Relieve.....	31
7.1.2.	Clima	31
7.1.3.	Pluviosidad	31
7.2.	Desarrollo socio-económico	32
7.2.1.	Actividades económicas	32
7.2.2.	Equipamiento Social	33
7.2.3.	Vías de Transporte	34
7.3.	Situación actual de la vía de estudio	34
7.4.	Identificación del proyecto.....	36
7.4.1.	Nombre del proyecto	36
7.4.2.	Sector o subsector al que pertenece	36
7.4.3.	Institución dueña del proyecto	36
7.4.4.	Objetivos del proyecto	37
7.4.5.	Descripción del problema	37
7.5.	Descripción del proyecto	37
7.6.	Análisis de involucrados	40
7.7.	Análisis de los beneficiarios	41
7.8.	Análisis de la demanda	41
7.8.1.	Proyección del Crecimiento vehicular	43
7.8.2.	Origen-Destino	48
8.	ESTUDIO TÉCNICO	53
8.1.	Localización del proyecto	53

8.1.1.	Macro localización	53
8.1.2.	Micro localización	55
8.2.	Tamaño del proyecto	55
8.2.1.	Descripción de las características del tramo	56
8.2.2.	Rodamiento	56
8.3.	Ingeniería del proyecto.....	56
8.3.1.	Levantamiento topográfico	56
8.3.2.	Movimiento de Tierra.....	58
8.3.3.	Estudio geotécnico	62
8.4.	Planificación y Programación de la obra	69
8.4.1.	Preliminares.....	70
8.4.2.	Movilización y desmovilización	71
8.4.3.	Movimiento de tierra	71
8.4.4.	Carpeta de rodamiento.....	72
8.4.5.	Cunetas, andenes, bordillos	72
8.4.6.	Señalización vial.....	73
8.4.7.	Medidas de mitigación y prevención ambiental	74
8.4.8.	Limpieza y entrega final.....	75
8.5.	Programación de la obra.....	75
8.5.1.	Especificaciones técnicas del proyecto	77
8.5.2.	Organización del proyecto	78
9.	EVALUACIÓN SOCIECONÓMICA	80
9.1.	Inversión del proyecto	80
9.1.1.	Activos fijos.....	80
9.1.2.	Activos diferidos	81

9.1.3.	Inversión total	81
9.1.4.	Corrección por factor de mano de obra	82
9.1.5.	Costos de mantenimiento	82
9.2.	Beneficios del proyecto	84
9.2.1.	Ahorro por mejor cobertura de salud	84
9.2.2.	Plusvalía de las propiedades.....	86
9.2.3.	Ahorro por gasto en deterioro del parque vehicular.....	88
9.2.4.	Beneficios totales	91
9.3.	Flujo neto de efectivo sin financiamiento	92
9.4.	Evaluación económica del proyecto.....	92
9.4.1.	Valor actual neto económico (VANE)	93
9.4.2.	Tasa interna de retorno económico (TIRE).....	94
9.4.3.	Relación beneficio/costo (R B/C).....	95
10.	EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	97
10.1.	Matriz causa y efectos de impactos	97
10.2.	Matriz de valoración de impactos.....	101
10.3.	Matriz de importancia de impactos	109
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
11.1.	Conclusiones	111
11.2.	Recomendaciones	112
	Bibliografía	113

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1:	Valor presente neto	27
Ecuación 2:	Proyección poblacional al año n.....	28
Ecuación 3:	Tránsito proyectado al año n.....	43

Ecuación 4: Trayecto anual	89
Ecuación 5: Trayecto anual por el tramo	89
Ecuación 6: Porcentaje de ahorro por deterioro del parque vehicular	89
Ecuación 7: Depreciación anual de vehículos	90
Ecuación 8: Valor actual neto económico	93
Ecuación 9: Tasa interna de retorno económica.....	94
Ecuación 10: Relación beneficio-costos	95
Ecuación 11: Importancia de un impacto ambiental	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Guía AASHTO "Diseño de Estructuras de Pavimentos"	38
Cuadro 2: Elementos de Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.....	39
Cuadro 3: Análisis de los involucrados.....	40
Cuadro 4: Resumen semanal de 12 horas por tipo de vehículo.....	42
Cuadro 5: Factores de expansión	43
Cuadro 6: PIB histórico de Nicaragua	44
Cuadro 7: Tasas de crecimiento poblacional en Diriamba	44
Cuadro 8: Egresos hospitalarios al Hospital San José desde 2018	45
Cuadro 9: TPDA histórico de la estación de mayor cobertura.....	45
Cuadro 10: Proyección de tránsito al año 2022	47
Cuadro 11: Levantamiento Topográfico	57
Cuadro 12: Proporciones	58
Cuadro 13: Volúmenes de corte y relleno	58
Cuadro 14: Coordenadas de bancos de materiales	59
Cuadro 15: Propiedades físicas del banco de material Quebrada Onda.....	61
Cuadro 16: Propiedades mecánicas del banco de material Quebrada Onda.....	61
Cuadro 17: Coordenadas de sondeos manuales	64
Cuadro 18: Propiedades físicas y mecánicas de los suelos encontrados	69
Cuadro 19: Resumen de costos directos de la obra	81
Cuadro 20: Activos Diferidos.....	81
Cuadro 21: Inversión total	82

Cuadro 22 Inversión de MTI y FOMAV.....	83
Cuadro 23: Costos de mantenimiento	83
Cuadro 24 Salarios mínimos en Nicaragua según sector.....	85
Cuadro 25: Cálculo de ahorro por mejor cobertura de salud.....	85
Cuadro 26: Beneficio por plusvalía.....	88
Cuadro 27: Ahorro por deterioro vehicular	90
Cuadro 28: Beneficios totales del proyecto	91
Cuadro 29: Flujo neto de efectivo	92
Cuadro 30: Valor actual neto económico	94
Cuadro 31: Tasa interna de retorno económica	95
Cuadro 32: Relación beneficio/costo.....	96
Cuadro 33: Situaciones negativas por componentes ambientales	98
Cuadro 34: Situaciones positivas por componentes ambientales	99
Cuadro 35: Matriz causa y efectos de impactos negativos	100
Cuadro 36: Matriz causa y efectos de impactos positivos.....	101
Cuadro 37: Importancia del impacto.....	103
Cuadro 38: Calificación del impacto	104
Cuadro 39: Matriz de valoración de impactos negativos	106
Cuadro 40: Matriz de valoración de impactos positivos	107
Cuadro 41: Matriz de importancia de impactos negativos.....	109
Cuadro 42: Matriz de importancia de impactos positivos	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estado Actual del tramo	35
Figura 2: Sedimentos en el tramo	35
Figura 3: Entrada al tramo.....	36
Figura 4: TPDA histórico	47
Figura 5: Origen del viaje	49
Figura 6: Destinos de viajes	49
Figura 7: Frecuencia de viajes	50
Figura 8: Número de pasajeros.....	50

Figura 9: Duración de viajes.....	51
Figura 10: Motivo de viaje	51
Figura 11: Capacidad de carga	52
Figura 12: Macro localización.....	54
Figura 13: Micro localización.....	55
Figura 14: Sección Transversal de la vía	57
Figura 15: Mapa de ubicación de bancos de materiales	60
Figura 16: Sondeos manuales	62
Figura 17: Muestreo con sondeos manuales	63
Figura 18: SM-1	65
Figura 19: SM-2	66
Figura 20: SM-3	68
Figura 21: Diagrama de Gantt.....	76
Figura 22: Trazo en Google Earth.....	89

1. INTRODUCCIÓN

Las carreteras son vías de transporte públicas que están construidas principalmente para la circulación de automóviles, se trata de vías anchas que permiten fluidez en la circulación. Estas se convierten en una pieza clave en el desarrollo económico y social de cualquier nación, ya que fomenta el desarrollo económico. La importancia de las mismas radica en que son la columna vertebral del transporte, su construcción y mantenimiento se vuelven de suma importancia para el desarrollo y crecimiento de un país. La red de carreteras permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud; por lo tanto, para un país es estratégico desarrollar su sistema vial.

El adoquín desempeña un papel crucial en Nicaragua, tanto en su contexto histórico como en su importancia contemporánea. Tiene una larga tradición en el país, remontándose a la época colonial. Su uso se ha extendido a lo largo de los años para pavimentar calles, plazas y caminos en ciudades y pueblos de todo el territorio nicaragüense. La importancia del adoquín radica en su capacidad para resistir las condiciones climáticas extremas, particularmente las fuertes lluvias y el paso constante de vehículos, lo que garantiza una mayor durabilidad y menor mantenimiento en comparación con otros tipos de pavimentación.

La ausencia de rutas de acceso a infraestructura crítica constituye un problema fundamental que afecta la funcionalidad y la seguridad de dichas instalaciones. La falta de vías de acceso adecuadas puede dar lugar a retrasos en la respuesta ante emergencias, dificultades en la entrega de suministros esenciales y limitaciones en la capacidad de brindar servicios esenciales a la comunidad. Es un problema que representa un desafío crítico que requiere atención prioritaria.

En el presente trabajo se realizó un estudio de prefactibilidad de un tramo de carretera como ruta de acceso al hospital departamental de Diriamba con el objetivo de analizar su viabilidad técnica y económica.

2. ANTECEDENTES

La ciudad de Diriamba se encuentra ubicada en el departamento de Carazo a 42 kilómetros (km) al sur de la capital de Nicaragua, Managua; tiene una extensión territorial de 348.88 kilómetros cuadrados (km²) la cual cuenta con una población estimada para el año 2022 de 65,243 habitantes con una densidad poblacional de 187 habitantes por km², distribuida en 95 barrios y 79 comarcas. El 67.89% pertenecen al área urbana y el 32.11% al área rural (INIDE, 2022).

En años recientes se han inaugurado varias calles adoquinadas con apoyo del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y el Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), como es el caso en el sector de barrios: Roberto Clemente, El Recreo, María Elena Cuadra y El Madroño, cuyas calles se encontraban completamente intransitables, por lo que se construyeron 82.50 metros lineales (ml) que contribuyeron a la expansión socio productiva, las oportunidades para el comercio y el desarrollo de la economía, asimismo, proporcionaron nuevas oportunidades para mejorar el acceso a los servicios de educación, salud, cultura y deportes de los pobladores de la zona.

El principal hospital existente en el municipio de Diriamba es el Hospital San José, el cual se encuentra ubicado al suroeste de la zona de estudio de los tramos de interés, este solo cuenta con una entrada principal la cual da con un tope, lo que dificulta el acceso al mismo. Según el mapa del Ministerio de Salud (MINSAL), se encuentran 9317 personas con enfermedades crónicas, además, se registran 4382 hospitalizaciones en la zona, siendo una de las mayores causas enfermedades infecciosas como: la diarrea y fiebres de dengue. La magnitud del problema se ve reflejada al considerar que un 14% de la población posee enfermedades crónicas y requiere atención médica regular.

Actualmente, para acceder al barrio La Mascota se hace a través de un camino de tierra el cual se encuentra en pésimas condiciones: terrenos con altas pendientes y geometría irregular discontinua, así como socavamientos formados por la escorrentía del agua en época de invierno, donde se acumula basura que promueve la proliferación de enfermedades infecciosas, lo que dificulta la accesibilidad tanto para vehículos como peatones.

3. JUSTIFICACIÓN

La realización de un estudio de prefactibilidad para la construcción de una ruta de acceso es de suma importancia ya que en él se abarcarán requerimientos técnicos necesarios para determinar si dicho proyecto es o no factible, como son: costos y el presupuesto de la obra, factores socio-económicos correspondientes, entre otros.

El proyecto "construcción de 540 metros (m) de adoquinado en el barrio La Mascota" municipio de Diriamba, no solo beneficiará a los pobladores de las zonas aledañas, sino que también dicho proyecto es de suma relevancia puesto que será la ruta de acceso principal para acceder al nuevo hospital departamental de Carazo.

La importancia de este proyecto radica en brindar a los habitantes del departamento de Carazo una ruta de acceso cuya circulación permita que tanto peatones, vehículos y ambulancias puedan acceder al nuevo hospital departamental de forma rápida y segura. Lo cual sería una mejora significativa de la vía dado que actualmente es imposible acceder a ella de forma eficaz y tranquila.

El tramo en estudio no cuenta con las condiciones necesarias para que los pobladores puedan acceder de forma eficaz al hospital, una ruta de acceso reducirá el riesgo de accidentes de tráfico, incrementará la circulación vehicular en la zona y facilitará el acceso al mismo. Considerando el estado actual del tramo, con la construcción de la carpeta de rodamiento se reducirán los casos de infecciones pulmonares y diarreicas que se producen por la acumulación de basuras y aguas estancadas.

El adoquín es un material muy utilizado en Nicaragua debido a su resistencia, facilidad de instalación y mantenimiento. Además, desde el punto de vista económico es considerablemente más eficiente que otras superficies de rodamiento como el asfalto y el concreto hidráulico. Es por esto que el MINSA, siendo la institución dueña del proyecto, podrá cumplir con su misión, visión y objetivo de garantizar el acceso a los servicios de salud, asegurar la salud como un derecho constitucional y mejorar las condiciones de vida de la población nicaragüense.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Realizar un estudio a nivel de prefactibilidad del proyecto “Construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota”, municipio de Diriamba.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la demanda del proyecto mediante un diagnóstico de la situación actual para identificar el interés y las necesidades del público objetivo.
- Establecer los requerimientos técnicos del proyecto mediante un estudio técnico para asegurar la eficiencia del mismo.
- Analizar los indicadores económicos de rentabilidad a través de un estudio socioeconómico para evaluar la viabilidad financiera del proyecto.
- Realizar una evaluación del impacto ambiental del proyecto a través de un estudio ambiental para garantizar su sostenibilidad y cumplimiento con las normativas ambientales.

5. MARCO TEÓRICO

Para la realización de esta investigación será necesario la definición de ciertos aspectos teóricos y conceptos generales con el propósito de mejorar la comprensión del tema en estudio que se presentan a continuación.

5.1. Proyecto

Un proyecto es todo plan de acción que implica usar recursos productivos y que es capaz de generar beneficios por sí mismo. Es decir, que en todo trayecto habrá una utilización de recursos productivos (costos) y una obtención de satisfacción en el futuro (beneficios). Por ello, se dice que un proyecto es una fuente de costos y beneficios que ocurren a través del tiempo (Ratner, 2018).

5.1.1. Transporte terrestre

El transporte terrestre es el transporte que se realiza sobre la superficie terrestre. Esto incluye carreteras, ferrocarriles y ductos (Instituto Mexicano del Transporte, 2007).

Carretera es el término que se utiliza para hacer referencia a una vía de transporte terrestre para la circulación, principalmente, de vehículos. Es de uso público y permite la conexión del camino, a través de distintos accesos, con otros tipos de vías como autopistas o con propiedades cercanas (Ferrovial, 2022).

5.1.2. Adoquinados

Los adoquines que conforman la capa de rodadura son elementos prefabricados que llegan listos al lugar de la obra; por lo tanto, su calidad se controla en fábrica; para su verificación se dispone de ciertas normas “Adoquines de hormigón”. La construcción de la capa de rodadura involucra, además de la colocación de los adoquines, el llenado de las juntas y la compactación de la capa terminada.

Además, por su rugosidad, los pavimentos de adoquines tienen una distancia de frenada menor que otros tipos de pavimentos, lo que se traduce en seguridad tanto para los peatones como para quienes se desplazan en los vehículos (Walter, 2017).

5.2. Estudio de prefactibilidad

El estudio de prefactibilidad persigue disminuir los riesgos de la decisión; dicho de otra manera, busca mejorar la calidad de la información que tendrá a su disposición la autoridad que deberá decidir sobre la ejecución del proyecto. La preparación de este estudio demanda tiempo y dinero para que distintos profesionales efectúen trabajos más profundos de terreno y de investigación, aunque puede todavía basarse en información de fuentes secundarias y entregar rangos de variación bastante amplios para los costos y beneficios.

El mismo deberá ser, finalmente, evaluado o revisado críticamente por un equipo evaluador no comprometido con el grupo que formuló el estudio. Dicha evaluación será técnica, económica, financiera, legal y administrativa, emitiéndose juicios sobre su factibilidad en los mismos aspectos de ingeniería (civil, industrial, eléctrica, química, y otras), de cumplimiento de fechas, de la existencia de mercados para productos e insumos, del mercado de capitales nacional e internacional, de la capacidad interna o externa para administrar la ejecución de las obras y la posterior operación del proyecto; todo lo cual, entre otros factores, influye sobre la evaluación económica final del proyecto (Fontaine, 2008, p. 37).

5.2.1. Evaluación de un proyecto

El proceso de evaluación consiste en emitir un juicio sobre la bondad o conveniencia de una proposición; para ello es necesario definir previamente el o los objetivos perseguidos. Esta resulta más interesante cuando hay objetivos en conflicto como, por ejemplo, minimizar el costo y el tiempo de construcción de una represa, o bien minimizar el costo para conseguir un determinado nivel de seguridad de la misma y es absolutamente necesaria cuando se presentan opciones para la solución de un mismo problema, o para alcanzar los objetivos deseados (Fontaine, 2008, p. 3).

5.3. Diagnóstico de la situación actual

Este diagnóstico ha de ser integral y tiene el fin de conocer los grupos involucrados en el proyecto, cantidad de ellos y sus características sociales, económicas (productivas); el área de influencia, las condiciones de la infraestructura vial (camino o carretera) en los que se pretende intervenir (mejorando su estado actual), vías sustitutas empleadas por los usuarios. Debe aplicarse un enfoque sistémico para realizar un adecuado diagnóstico situacional (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2013, p. 9).

5.3.1. Estudio de mercado

Se denomina a la primera parte de la investigación formal del estudio. Consta de la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización.

También es útil para prever una política adecuada de precios, estudiar la mejor forma de comercializar el producto y contestar la primera pregunta importante del estudio: ¿existe un mercado viable para el producto que se pretende elaborar? Si la respuesta es positiva, el estudio continúa. Si la respuesta es negativa, se plantea la posibilidad de un nuevo estudio más preciso y confiable (Baca Urbina, 2010, p. 7).

5.3.2. Análisis de la demanda

El análisis de la demanda constituye uno de los aspectos centrales del estudio de proyectos, por la incidencia de ella en los resultados del negocio que se implementará con la aceptación del proyecto.

De acuerdo con la teoría de la demanda, la cantidad demandada de un producto o servicio depende del precio que se le asigne, del ingreso de los consumidores, del precio de los bienes sustitutos o complementarios y de las preferencias del consumidor.

En términos generales, la cantidad demandada de un bien aumenta al bajar el precio del producto, al aumentar el precio de los bienes sustitutos o reducirse el de los

complementarios, al aumentar el ingreso del consumidor y al aumentar las preferencias del consumidor por ese producto (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 44).

5.3.3. Comportamiento histórico

La evolución histórica de la demanda se puede analizar a partir de datos estadísticos de los bienes o servicios que se han puesto a disposición de la comunidad.

El objeto del análisis histórico de la demanda es tener una idea aproximada de su evolución, con el fin de tener algún elemento de juicio serio para pronosticar su comportamiento futuro con algún grado de certidumbre. No se trata simplemente de resolver un problema matemático de regresión, sino de estudiar y ponderar factores que como: cambios en la estructura de la población consumidora (costumbres e ingresos), coyunturas sociales internas y externas, alteración de políticas de gobierno, indiquen el comportamiento esperado para el mercado futuro.

La información utilizada para conocer la evolución de la demanda, se basa, en principio, en fuentes secundarias de datos ya organizados y procesados por los entes estatales de estadística, las publicaciones especializadas por los gremios y los estudios de los institutos académicos, oficiales y de investigación, que comprometen datos de población, niveles de producción, consumo, importación o exportaciones, evolución de los precios, etc (Miranda Miranda, 2012, p. 115).

5.3.4. Característica de la demanda

La teoría económica ofrece un catálogo analítico que permite acercarnos con mayor claridad al comportamiento de la función de demanda y de las variables que la afectan.

Presentamos en términos muy generales los conceptos básicos que complementan el estudio de la demanda del producto o servicio y habilitan al analista para soportar coherentemente las hipótesis planteadas en torno al comportamiento actual y futuro del mercado (Miranda Miranda, 2012, p. 119).

5.3.5. Caracterización de los usuarios del proyecto

Los beneficiarios de un proyecto son aquellos individuos o grupos que recibirán los beneficios directos del mismo, es decir, aquellos hacia quienes el proyecto se dirige.

Una primera caracterización de estos actores puede hacerse en términos de su inclusión en el modelo económico predominante.

Podemos profundizar la caracterización agregando otras variables: tipo de organización, objetivo de la explotación, producto principal, tecnología, capacidad de innovación tecnológica, capital invertido, y productividad (Córdoba Padilla, 2011, p. 36).

5.3.6. Proyección de la demanda

A partir de la información histórica del comportamiento del TPDA en el tramo de interés y en la red vial relevante, se proyecta dicho TPDA, a fin de tener una idea clara de la demanda (cantidad de vehículos) que enfrentará el proyecto. Esta proyección tiene efectos tanto sobre el diseño técnico de las alternativas de solución, como en la posterior evaluación del proyecto. Se recomienda dar un adecuado tratamiento estadístico a los datos, a fin de determinar la tasa (o razón) adecuada para la proyección del TPDA (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2013, p. 27).

5.3.7. Análisis de las causas

Una vez que se ha definido el problema central, corresponde preguntarse ¿qué causa dicho problema?, ¿por qué ocurre o existe ese problema? Encontrar las causas del problema es sustancial, pues solo conociendo bien el porqué del problema se podrán plantear soluciones adecuadas. A partir del diagnóstico situacional, es recomendable hacer un listado de posibles causas, lo más exhaustivo posible, es decir, realizar una “tormenta de ideas” sobre las causas del problema. Estas ideas pueden ordenarse en dos grupos: causas desde la oferta y causas desde la demanda del bien o servicio; además de clasificarse en directas o indirectas (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2017, p. 36).

5.3.8. Análisis de los efectos

Consiste en determinar cuáles son los efectos del problema central. Para fines prácticos se recomienda seguir el mismo método de análisis que para el análisis de las causas, así es conveniente iniciar con una ‘tormenta de ideas’ de los posibles efectos (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2017, p. 39).

5.3.9. Análisis de medios del proyecto

Los medios son el vehículo para solucionar (enfrentar) el problema, esto se hace a través de las causas (directas e indirectas) de dicho problema. Con la misma lógica de la determinación del objetivo central, para establecer los medios del proyecto el proceso consiste en transformar a positivo las causas del problema. Los medios fundamentales de intervención o de acción se corresponden con las causas indirectas de último nivel; puesto que estas causas son las más concretas y operativas, es sobre ellas que deberán plantearse alternativas de solución (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2017, p. 42).

5.3.10. Análisis de fines del proyecto

Los fines del proyecto consisten en la reversión de los efectos del problema central. Nuevamente la técnica es expresar en positivo el efecto negativo del problema. Entre los fines pueden identificarse los directos, que están asociados a los efectos de primer nivel; los fines indirectos, asociado a los efectos secundarios; y el fin último, vinculado con el efecto último. Este fin último es el denominado objetivo de desarrollo del proyecto (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2017, p. 44).

5.3.11. Análisis de la oferta

El análisis de la oferta en un proyecto de infraestructura vial consiste en la descripción de las condiciones de transitabilidad ofrecida por el/los tramo/s en estudio, y de forma más general de la red vial relevante. En esta sección se recomienda:

- En una matriz indicar el nombre de cada tramo, dado por el estacionamiento 00+00 (inicio) y el término; su longitud, tipo de carpeta de rodamiento, descripción del estado de la carpeta, la presencia o no de obras de drenaje mayor y menor; así como otras condiciones técnicas y geométricas del trazado del/los tramo/s;
- Presentar inventario de obras de drenaje: alcantarillas y puentes;
- Precisar en qué puntos específicos del tramo existen los principales problemas de transitabilidad, y las causas de dichos problemas.
- Explicar las acciones correctivas y de gestión que hayan sido emprendidas para mejorar los problemas de transitabilidad persistentes en el/los tramo/s en estudio; así como los resultados de dichas acciones, en términos de la mejora en las condiciones de tránsito por el/los tramo/s en estudio (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2013, p. 30).

5.3.12. 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 (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2013, p. 31).

5.4. Estudio técnico

Una de las conclusiones de este estudio es que se deberá definir la función de producción que optimice el empleo de los recursos disponibles en la producción del bien o servicio del proyecto. De aquí podrá obtenerse la información de las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para la puesta en marcha como para la posterior operación del proyecto.

En particular, con el estudio técnico se determinarán los requerimientos de equipos de fábrica para la operación y el monto de la inversión correspondiente. Del análisis de las características y especificaciones técnicas de las máquinas se precisará su disposición en planta, la que a su vez permitirá hacer una dimensión de las necesidades de espacio físico para su normal operación, en consideración con las normas y principios de la administración de la producción (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 24).

5.4.1. La localización

El análisis de localización tiene el fin de elegir el sitio de ubicación más conveniente para el proyecto, esto es, aquella que maximice el bienestar de los usuarios del proyecto, y/o minimice el costo social, en un marco de factores o variables condicionantes.

Tal análisis se realiza sobre las variables determinantes de la localización, entre otras, la ubicación de la población objetivo, la localización de las materias primas e insumos, la presencia de vías de comunicación y medios de transporte, las existencia de servicios públicos e infraestructura social y productiva, condiciones climáticas, ambientales y de salubridad, características topográficas, precio de la tierra, planes de desarrollo territorial (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2017, p. 57).

5.4.2. Ingeniería del proyecto

Ingeniería de proyectos se entiende a un conglomerado de conceptos y conocimientos a partir de los cuales se definen los recursos que se van a necesitar en la ejecución de un proyecto. Para llevar a cabo los diseños e implementar las soluciones necesarias es imprescindible la figura del ingeniero (Structuralia, 2021).

5.4.3. Topografía

La topografía es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Además de estas mediciones en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos necesarios (McCormac, 2006, p. 4).

5.4.4. Banco de marca

También conocido como banco de nivel (benchmark) (BM) es una referencia topográfica de coordenadas y altimetría de un punto marcado en el terreno, destinado a servir como control de la elaboración y replanteo de los planos de un proyecto vial (Secretaría de Integración Económica Centroamericana , 2011).

5.4.5. Proceso de georreferenciación

La georreferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en SIG (ArcGIS , 2017).

5.4.6. Estudio geotécnico

Consiste en la realización de distintos sondeos y el análisis de los mismos, a partir de los cuales se obtiene la información necesaria acerca del terreno en el cual se va a iniciar la construcción.

De este modo puede decirse que un estudio geotécnico es una herramienta de gran importancia para la obtención de los datos geológicos y geotécnicos del área de trabajo, así como para definir recomendaciones una vez comenzada la obra (INVIASA, 2019).

5.4.7. Movimientos de tierra

Son aquellas acciones que realiza el hombre para variar o modificar la topografía de un área, faja o zona, con vista a adaptarla al proyecto previamente confeccionado, generalmente de forma mecanizada, mediante el empleo de las maquinarias diseñadas especialmente con esta finalidad (Orta Amaro, 1988, p. 1).

5.4.8. Banco de materiales

Se entiende como tal a los yacimientos de sustancias minerales y rocas no metálicas compuesto por material consolidado y no consolidado, cuyo uso está designado para las obras de infraestructura, que no requieren más operaciones que las de arranque, fragmentación y clasificación (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2010)

5.4.9. Aforo vehicular

Es el conteo de vehículos que se realiza en un determinado tiempo para tener conocimiento de cuántos vehículos circulan por un tramo o una vía, su realización nos permite la recopilación de datos para poder llevar a cabo un proyecto. (Mora Salazar, 2020, p. 9)

Entre los tipos de aforos más aplicados en la actualidad, tenemos:

- Aforo manual

- Lazos inductivos

- Conteo manual electrónico

5.4.10. Diseño geométrico

Es el proceso mediante el cual se determinan las características geométricas de una vía a partir de factores como lo son el tránsito, topografía y velocidades, de modo que se pueda circular de una manera cómoda y segura. El diseño geométrico de una carretera está compuesto por tres elementos bidimensionales que se ejecutan de manera individual, pero dependiendo unos de otros y que, al unirlos, finalmente se obtiene un elemento tridimensional que corresponde a la vía propiamente. Estos tres elementos son:

Alineamiento horizontal: compuesto por ángulos y distancias formando un plano horizontal con coordenadas norte y este.

Alineamiento vertical: compuesto por distancias horizontales y pendientes dando lugar a un plano vertical con abscisas y cotas.

Diseño transversal: consta de distancias horizontales y verticales que a su vez generan un plano transversal con distancias y cotas (Agudelo Ospina, 2002, p. 43).

5.4.11. Actividades de construcción

El objetivo principal es suministrar infraestructuras para satisfacer las necesidades de la sociedad. Esto puede incluir la construcción de viviendas, edificios comerciales y de oficinas, o instalaciones industrializadas. Además, esta actividad también puede abarcar la planificación, diseño y construcción de infraestructuras, como carreteras, autopistas, puentes y túneles que facilitan el transporte de bienes y personas.

La construcción es una actividad que implica la creación de infraestructuras, edificios o instalaciones para el uso humano o de la sociedad. Esta actividad puede ser realizada por empresas constructoras o por particulares, y suele ser una de las principales actividades económicas en muchos países (Clinicavdamerica, s.f.).

5.4.12. Presupuesto

Se define como una suposición del valor de un producto para condiciones definidas a un tiempo inmediato. Siendo un presupuesto el reflejo final de todos los balances y donde finalmente podremos averiguar la factibilidad de un proyecto (Suarez Salazar, 2011, pág. 271).

5.4.13. Costos de inversión

El SNIP de Nicaragua reconoce las siguientes categorías de costos de inversión:

- Estudios y diseños, referida a los estudios de preinversión y diseños de ingeniería requeridos para tomar la decisión de ejecutar el proyecto y que guían la ejecución en sí.

- Infraestructura, se refiere a todas las obras que incluye el proyecto. Esta infraestructura es un factor de producción clave en la función de producción del bien o servicio que generará el proyecto, y que es su razón de ser.
- Maquinaria y equipamiento, incluye el costo de todos los equipos y maquinarias requeridos para el proceso productivo del proyecto. El costo de la maquinaria y equipamiento debe incluir todos los gastos incurridos hasta su puesta a punto, tales como el transporte (fletes y seguros), así como los gastos de instalación y las pruebas iniciales.
- Supervisión, esta categoría de costo de inversión se refiere a la contratación de una firma externa responsable de la supervisión de la ejecución de obras.
- Administración, son los recursos empleados para administrar la ejecución del proyecto, esto es, financiar la organización ad hoc responsable de la ejecución, así como los gastos incurridos durante la ejecución por parte de esa instancia. Estos pueden ser salarios, combustibles, materiales de oficina, viáticos, entre otros (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2013, pág. 43).

5.4.14. Gastos de operación y mantenimiento

Los gastos de operación son todos aquellos recursos materiales, humanos e insumos requeridos para el adecuado desempeño del proyecto durante su operación. Si el proyecto es la construcción de un centro de salud, los gastos de operación corresponderán a los sueldos y salarios del personal médico y no médico, a los insumos médicos y no médicos, a los servicios básicos, materiales de reposición periódica, y todos los demás insumos presentes en la entrega de las prestaciones de salud de ese centro de salud.

Por su parte, los gastos de mantenimiento se refieren a los recursos humanos y materiales para preservar los niveles de servicio de la infraestructura y equipamiento presentes en la operación del proyecto (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2017, p. 27).

5.5. Estudio financiero

La última etapa del análisis de viabilidad financiera de un proyecto es el estudio financiero. Los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad.

Las inversiones del proyecto pueden clasificarse, según corresponda, en terrenos, obras físicas, equipamiento de fábrica y oficinas, capital de trabajo, puesta en marcha y otros. Puesto que durante la vida de operación del proyecto puede ser necesario incurrir en inversiones para ampliaciones de las edificaciones, reposición del equipamiento o adiciones de capital de trabajo, será preciso presentar un calendario de inversiones y reinversiones que puede elaborarse en dos informes separados, correspondientes a la etapa previa a la puesta en marcha y durante la operación.

La evaluación del proyecto se realiza sobre la estimación del flujo de caja de los costos y beneficios. La existencia de algunas diferencias en ciertas posiciones conceptuales en cuanto a que la rentabilidad del proyecto puede ser distinta de la rentabilidad para el inversionista, por la incidencia del financiamiento, hace que más adelante se dedique un análisis especial al tema (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 30).

5.5.1. Flujo Neto de Efectivo

El flujo neto establece los ingresos reales del proyecto, ya que en la utilidad neta que resulta del estado de pérdidas y ganancias se debe tener en cuenta que se han hecho unos egresos como la depreciación de activos fijos y la amortización de activos diferidos, que no implican la salida de efectivo de caja, los cuales se deben adicionar, para conocer la real situación de los ingresos del proyecto, a partir de los cuales se puede hacer su evaluación financiera (Córdoba Padilla, 2011, p. 215).

5.5.2. Beneficio

El beneficio social refleja el valor que tiene para la sociedad el aumento de la disponibilidad de un determinado bien atribuible al proyecto más el efecto que éste induce a que otros productores disminuyan su nivel de producción, ahorrando al país factores productivos, sin que el consumidor del bien se vea afectado. La diferencia, que se avala por medio de la teoría económica, lleva a que el valor de los beneficios en ambos casos tenga un sentido diferente. Por lo mismo, el valor de una unidad producida y equivalente al precio también tiene ese sentido diferente (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 415).

5.5.3. Tasa social de descuento

Nuevamente, en una economía sin distorsiones, con pleno empleo y cerrada al mercado financiero internacional, la tasa de interés que impere en el mercado será al mismo tiempo el producto marginal del capital invertido en el país y la tasa marginal de preferencia en el tiempo de quienes ahorren. Es decir, la tasa social de descuento será “igual” que la tasa de interés del mercado. Así, el valor actual de los beneficios sociales netos del proyecto será igual que el Valor Actual de los Beneficios Netos (VABN) privados, si se desprecian los posibles cambios en precios ocasionados por el proyecto (Fontaine, 2008, p. 383).

5.5.4. Valor Actual Neto Económico (VANE)

Es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor Neto Actual (VNA), Valor Actualizado Neto o Valor Presente Neto (VPN).

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuales y, en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

$VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

$VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

$VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Este es utilizado en las matemáticas financieras para evaluar inversiones. Este tipo de matemáticas se utilizan en el sector bancario, inversión y también en las finanzas personales (Velayos Morales, 2014).

5.5.5. Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE)

Esta nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de períodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

Cuando alguien decide realizar una inversión, necesita calcular cuál es la rentabilidad que va a obtener y analizar si la rentabilidad esperada será menor, igual o superior al coste de realizar esa inversión.

Pues bien, la TIR nos va a aportar información acerca de cuál es el tipo de interés que debemos lograr para que la rentabilidad obtenida de la inversión sirva para cubrir todos los costes de la misma. Esta información marca la línea que determina si una inversión es o no es rentable.

Cuando ponemos en marcha un proyecto, debemos tener en cuenta la rentabilidad mínima que estamos dispuestos a aceptar y el coste de la financiación, si la hubiese. El criterio de selección será el siguiente, donde “ k ” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión (Sevilla Arias, 2014).

5.5.6. Relación Beneficio/Costo (R B/C)

Teniendo presente que las distintas corrientes de beneficios y costos deben ser actualizadas para hacerlas comparables, su relación será igual al cociente del valor actual de los beneficios (VAB) sobre el valor actual de los costos (VAC).

Para que el proyecto sea aceptable la relación beneficio-costos (B/C) debe ser igual o mayor que la unidad. Si es igual indica que el valor presente neto del proyecto es igual a cero. Si fuera menor, significaría que, a la tasa de actualización utilizada, el VAB sería menor que el VAC, con lo que no se estaría recuperando la inversión.

Esta medida permite determinar si el proyecto es bueno o no, pero no sirve para elegir entre diferentes alternativas, dado que no toma en cuenta el tamaño del proyecto (Cohen & Franco, 1992, p. 196).

5.5.7. Evaluación social de proyectos

La evaluación social de proyectos compara los beneficios y costos que una determinada inversión pueda tener para la comunidad de un país en su conjunto. No siempre un proyecto que es rentable para un particular también es rentable para la comunidad, y viceversa.

Para estudiar la viabilidad de un proyecto se trabaja con el criterio de precios sombra o sociales con el objeto de medir el efecto de implementar un proyecto sobre la comunidad, deben tener en cuenta los efectos indirectos y externalidades que generan sobre su bienestar; por ejemplo, la redistribución de los ingresos o la disminución de la contaminación ambiental (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 9).

5.6. Evaluación ambiental

La evaluación de impacto ambiental es uno de los instrumentos de ejecución de la política gestión ambiental, tiene un carácter eminentemente preventivo porque se propone, en los primeros momentos de planificación de una actividad económica que modifique el ambiente, sirve para aportar a la decisión con respecto a la selección de la mejor alternativa, incluso la de no realizar dicha actividad.

La evaluación de impacto ambiental toma la forma de un proceso, que se define como el conjunto de procedimientos, algunos de naturaleza técnica y otros de naturaleza administrativa, que tienen como objetivo inicial asegurar que se realice la predicción y el análisis sistemático de los impactos ambientales de un proyecto. En segundo lugar, dichos procedimientos necesitan asegurar que los resultados de este análisis se tomen en consideración durante la toma de decisión respecto a la ejecución del proyecto. En el caso de decidirse su realización, los procedimientos deben hacer que se concreten las medidas de control de impactos ambientales que se produzcan (Rosales Rivera, 2005).

5.6.1. Impacto ambiental

Además de su evolución natural, el medio ambiente está en constante transformación y en permanente alteración. Las alteraciones pueden ser causadas por fenómenos naturales o por la acción humana. Las alteraciones naturales se procesan en escalas temporales que varían desde millares de años (los ciclos geológicos), centenas de años (los procesos de erosión y sedimentación) hasta escalas temporales de días (catástrofes naturales). La mayoría de los autores asocia el término impacto ambiental a un efecto ambiental que tiene importancia para la sociedad, por lo que este se define como cualquier alteración significativa en el medio ambiente provocada por una acción humana.

Es importante enfatizar que un impacto ambiental es siempre la consecuencia de una acción de carácter antropogénica. Aunque es justo admitir que no todas las consecuencias de una acción humana merecen ser consideradas como impactos ambientales (Rosales Rivera, 2005).

5.6.2. Valoración de impacto ambiental

Los impactos ambientales pueden producir alteraciones sobre el medio ambiente que pueden ser medidas de forma cualitativa o cuantitativa. Cuando las alteraciones se pueden medir de forma cuantitativa se le denomina Magnitud de impacto, que constituye la dimensión de un impacto en términos absolutos, es decir, la medida del cambio de valor de un parámetro ambiental, en términos cuantitativos o cualitativos, provocada por una acción.

Los valores de un parámetro ambiental, cualquiera que sea su naturaleza, raramente permanecen iguales a lo largo del tiempo, porque son muy susceptibles a variar bajo cualquier acción, de esta forma la magnitud de un impacto ambiental nunca es un valor simple y discreto. La magnitud de un impacto puede, por tanto, ser mejor definida como la diferencia entre los valores que probablemente asumiría un parámetro ambiental después de una acción, y los valores que serían observados, en caso que dicha acción no hubiera ocurrido.

Mientras que cuando las alteraciones no pueden ser medidas en magnitud, estas se pueden valorar a través de la importancia de impacto, que es la ponderación significativa de un impacto respecto al factor ambiental que afecta y a otros impactos; en el contexto de una determinada valoración de impacto ambiental, puede ser que un impacto de magnitud elevada no sea importante cuando se lo compara a otros, ya sea porque el componente afectado no es crítico para la subsistencia de la población, o por cualquier otra razón de protección del ambiente. Es precisamente por la causa anterior que en el contexto de cualquier estudio de impacto ambiental sea recomendable realizar los dos tipos de valoraciones; tanto en magnitud como en importancia (Rosales Rivera, 2005).

5.6.3. Matriz causa-efecto

La evaluación cualitativa de los impactos ambientales de los proyectos de desarrollo se puede desarrollar a partir del uso de matrices causa- efecto. Esta matriz consistirá en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figurarán las acciones impactantes

y dispuestos en filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos (Rosales Rivera, 2005).

5.6.4. Matriz de valoración de impactos

En un segundo paso se elabora la matriz de valoración de impactos, que permitirá obtener una valoración cualitativa de la importancia de los impactos presentes. De esta forma se interceptan las dos informaciones, obtenidas sobre la base de la matriz causa – efecto, con el fin de significar las alteraciones ambientales derivadas tanto del estado inicial del medio, durante la ejecución del proyecto, como durante su explotación, y poder así valorar su importancia (Rosales Rivera, 2005).

5.6.5. Matriz de importancia de impactos

Para realizar el proceso de discriminación con el propósito de buscar un mayor grado de precisión al establecer la importancia de los impactos, se utilizan métodos estadísticos. Se determinan por separado para impactos positivos y negativos, el valor medio (V_m) y la desviación típica (λ), considerando como valor crítico del impacto (V_{cr}) todos aquellos cuyo valor de importancia (V_i) fuera superior a $V_m + \lambda$. Al procesar estos datos se obtiene un rango de evaluación que concibe valores de importancia como una función de las características de cada proyecto que se evalué.

Es importante hacer notar, que, a pesar de la cuantificación realizada para determinar la importancia de los impactos sobre los factores del medio, la valoración es totalmente cualitativa, ya que el método matemático que se ha propuesto, es una función de un grupo de atributos de carácter cualitativo de los impactos ambientales y los factores del medio.

El mayor aporte de la evaluación cualitativa de impactos consiste en la clasificación de los impactos por su grado de importancia (discriminación) que esta brinda, con vistas a identificar las acciones más agresivas sobre el medio para luego cuantificarlas. En las figuras que siguen se muestra un ejemplo de las tres matrices para la valoración cualitativa de impactos de un proyecto (Rosales Rivera, 2005).

6. DISEÑO METODOLÓGICO

Es fundamental establecer un diseño metodológico para abordar de manera efectiva las interrogantes y problemas que se presentan durante una investigación. De tal forma que se pueda planificar y ejecutar el estudio cumpliendo con los objetivos propuestos.

6.1.Descripción del diseño de la investigación

El tipo de diseño de investigación a utilizar será de “No experimental” porque no se hace manipulación de variables, más bien se aplica un conocimiento a un caso específico.

6.2.Descripción del tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva porque este estudio busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

6.3.Descripción del universo de estudio

Se realizarán estudios de suelo, aforos, levantamientos topográficos y estudios geotécnico, para poder estimar la concurrencia y cargas vehiculares que transitarán sobre la superficie de rodamiento.

6.4.Descripción de fuentes de información

Como fuentes primarias se utilizarán datos del Anuario de Aforos de Tráfico, datos del Anuario de Estadísticas Macroeconómicas, así como datos de estudios de suelo y estudios topográficos del tramo en interés.

Como fuentes secundarias se utilizarán un estudio socioeconómico de la zona de interés realizado por la Alcaldía Municipal de Diriamba, monografías relacionadas al tema de estudio y libros.

6.5. Tipo de información requerida de las fuentes

De las fuentes primarias, se requerirá conocer el tráfico de las estaciones de mayor y menor cobertura que estén más cercanas al tramo en estudio. Se deberá recopilar datos de producto interno bruto del país y se deberá tener la topografía y caracterización del suelo del tramo de interés.

De las fuentes secundarias se necesitará recopilar datos necesarios para el diagnóstico de la situación actual de la zona, tipos de suelo, distribución poblacional e infraestructura. También se tomarán referencias en cuanto a diseños, estructuras para el documento y normas recomendadas a aplicar.

6.6. Instrumentos para la recopilación de Información

Los instrumentos principales para la recopilación de información serán los formatos de conteo para tráfico, las encuestas origen y destino y levantamientos topográficos de la zona en estudio.

Los formatos de conteo de tráfico son un instrumento esencial para recopilar datos cuantitativos sobre el flujo vehicular en la zona de interés. Este tipo de información es crucial para comprender la demanda de tráfico existente y evaluar la necesidad de una vía de transporte.

Las encuestas origen-destino son una herramienta eficaz para comprender los patrones de viaje de la población que utiliza la vía donde se propone la construcción de la vía. Estas encuestas proporcionan información cualitativa y cuantitativa sobre las preferencias de viaje, los destinos frecuentes y las necesidades de transporte de la comunidad

Los levantamientos topográficos son un elemento relevante para la determinación de la geometría de la vía y posibles obstáculos que se puedan presentar al momento de la construcción. También es esencial para la determinación de vías de acceso para la logística de la construcción.

6.7. Metodología del diagnóstico de la situación actual

Para la elaboración de un diagnóstico de la situación actual se debe realizar una recopilación exhaustiva de datos relevantes, como el estado actual de la vía, el tráfico vehicular y peatonal, y las condiciones climáticas de la zona. Se debe de llevar a cabo un análisis detallado de las necesidades de transporte de la comunidad de la zona en estudio. Esto se logrará con el uso de conteos de tráfico y encuestas de origen-destino dirigidas a la comunidad que se desea estudiar.

6.8. Metodología del estudio técnico

El estudio técnico está ligado íntimamente a la ingeniería del proyecto y se refiere a los aspectos técnicos que deben de ser determinados para poder llevar a cabo la construcción del proyecto. Se necesita determinar la localización exacta del proyecto, geometría de la vía, costos totales, volúmenes de obra y las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar.

6.9. Metodología del estudio financiero

En el estudio financiero se evaluará la viabilidad del proyecto. Esto se hace por medio de herramientas de evaluación como lo son la tasa interna de retorno económica (TIRE) y el valor actual neto económico (VANE). Se estiman los beneficios del proyecto, corrigiendo con el factor mano de obra ya que se es un proyecto social, y se comparan con el costo total de inversión utilizando las herramientas de evaluación anteriormente mencionadas. Fuentes de beneficios posibles son: aumento de valor de propiedades por plusvalía, ahorro por disminución de enfermedades o ahorros por disminución del desgaste de los vehículos que transiten.

6.10. Reconocimiento del lugar

Se realizarán visitas de campo en el municipio de Diriamba, con el objetivo de obtener información sobre la zona de interés, el terreno, los inconvenientes o peligros naturales que se puedan dar por el tipo de topografía del lugar.

6.11. Estudio Socio-Económico

Para obtener un óptimo desarrollo del proyecto, es necesario realizar un estudio socio-económico que permita conocer las necesidades básicas y situación actual de la población. Esto se realizará a través de un censo poblacional, para obtener información confiable para el período de diseño. En dicho estudio se analizarán los siguientes aspectos:

- Situación y demanda del transporte
- Capacidad económica
- Determinación de la población actual y de diseño

6.12. Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE)

Es aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados iguales a los costos actualizados, esta debe compararse con la tasa de descuento que mida el mejor rendimiento alternativo no aplicado o la tasa mínima aceptable de endiento (TMAR).

TIRE > TMAR El proyecto se acepta

TIRE = TMAR Es indiferente realizar el proyecto

TIRE < TMAR El proyecto se rechaza

6.13. Valor Actual Neto Económico (VANE)

El valor presente neto corresponde a la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos.

Ecuación 1: Valor presente neto

$$VANE = VPI - VPE$$

Donde:

VANE: Valor actual neto económico

VPI: Valor presente de los ingresos

VPE: Valor presente de los egresos

6.14. Levantamiento topográfico

Se efectuará con el fin de obtener los datos del terreno, necesarios para la elaboración de planos topográficos. Involucra el trabajo de campo y gabinete que culminan en la edición e impresión de los planos, con curvas de nivel, que representan el terreno, así como calles, carreteras y otras obras construidas por el hombre. Se determinarán puntos de inicio, puntos terminales, estaciones, diferencias de nivel, cantidades de corte y rellenos.

6.15. Cálculo de población

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico expresado por la fórmula siguiente:

Ecuación 2: Proyección poblacional al año n

$$Pn = Po * (1 + i)^n$$

Dónde:

Pn = Población del año “n”

Po = Población al inicio del período de diseño

i = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

6.16. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos, entre otros.

6.17. Metodología de evaluación ambiental

La evaluación ambiental identifica maneras de mejorar ambientalmente los proyectos minimizar atenuar o compensar los impactos adversos.

Una vez identificados los efectos causados al medio ambiente con el proyecto, se procede a la elaboración de una lista de verificación para evaluar la magnitud e importancia de cada impacto sobre la base de la predicción entre los efectos, cambios, o transformaciones de los factores ambientales por las acciones de la construcción del proyecto, clasificados de positivos o negativos en la calidad ambiental, incluida la valoración social.

Previamente efectuada la identificación de acciones y factores se procederá a utilizar la Matriz recortada de Leopold, este método consiste en una lista horizontal de actividades de la ejecución del proyecto, contra la lista vertical de factores ambientales, es por tanto una matriz de interacción facilitando estimar la importancia y magnitud de impactos.

Por ello es necesario llevar a cabo el llenado de tres matrices que se describen a continuación:

6.17.1. Matriz causa-efecto

Identifica el factor que es alterado por distintas actividades que se desarrollan durante la fase de construcción del proyecto. Se utilizan generalmente la X para señalar factor versus actividad.

6.17.2. Matriz de valoración de impactos

Ubica valoraciones, consideración por el ambientalista estableciendo cantidades de magnitudes relativos en base a los daños que las actividades ocasionan, generalmente se utiliza el cuadro de Leopold denominada importancia del Impacto donde se presentan la formula general de importancia de impacto con sus correspondientes atributos debidamente ponderados.

6.17.3. Matriz de importancia de impactos

Aquí se identifica el impacto ambiental generado por una acción de cada actividad de la construcción sobre un factor ambiental considerado, así en la matriz quedará representada la valoración cuantitativa de la importancia que se produce sobre la combinación de acciones sobre los factores.

Es necesario seguidamente plantear acciones de mitigación con las estrategias para la conservación del medio ambiente en relación a las acciones del proyecto durante la ejecución, a fin de integrar el proyecto con el medio ambiente de manera sostenida en el tiempo.

7. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Este permite conocer las condiciones en las que se encuentra el sitio en estudio. A continuación, se proporciona una descripción detallada de la situación del área.

7.1. Relieve, clima, pluviosidad

7.1.1. Relieve

Se caracteriza por tener una topografía tipo altiplanicie, que inicia desde la parte alta que corresponde al sector de las esquinas y desciende progresivamente hacia el Oeste Pacífico y con un porcentaje no mayores al 8%. Las zonas donde las pendientes del suelo alcanzan mucha altura. Las pendientes del terreno oscilan entre 0-4% Serie Diriamba, 0-1% Serie Masatepe y 4-8% Serie San Rafael del Sur. La Ciudad se ubica en una zona de rápido escurrimiento superficial de las aguas debido a la topografía que presenta (Alcaldía Municipal de Diriamba, 2023).

7.1.2. Clima

El clima del municipio se caracteriza por ser de Bosque Húmedo Tropical y se caracteriza por tener un clima húmedo, siendo relativamente fresco con leves alzas de temperatura la que oscila entre los 20.6 °C a 30.2 °C, siendo la temperatura media de 23.8 °C.

Cuenta con una temperatura media anual de 22.5 – 26.5 °C que aumenta progresivamente a medida que se baja rumbo al mar, hasta alcanzar los 28 °C en la propia costa. Las alzas de temperaturas se registran en los meses de abril y mayo; las bajas de temperaturas se registran en diciembre y enero. Además, la precipitación anual alcanza entre los 1200 y 1400 mm (Alcaldía Municipal de Diriamba, 2023)

7.1.3. Pluviosidad

En Diriamba, la temporada de lluvia es opresiva y nublada; la temporada seca es bochornosa, ventosa y mayormente despejada y es caliente durante todo el año.

El mes más húmedo con la precipitación más alta es octubre con 362mm, los meses más secos con la precipitación más baja son enero, febrero marzo con 2mm. (NASA, 2022)

7.2.Desarrollo socio-económico

7.2.1. Actividades económicas

Entre las principales actividades económicas se encuentran:

Agricultura: El potencial económico que presenta el Municipio de Diriamba es el cultivo de los granos básicos (maíz, frijol y trigo) y el café en menor cantidad hace más de treinta años.

Ganadería: La actividad ganadera se concentra en las zonas baja y costera del municipio.

Pesca: Es una de las principales actividades económicas del Municipio concentrada en la zona costera de Casares, La Boquita y Masachapa.

Forestal: Mejoramiento Ambiental en 140 hectáreas de terrenos rurales, 40 productores establecen plantaciones forestales y frutales, musáceas, cercas vivas, construcción de diques y sistema de Reforestación, bajo Manejo de Regeneración Natural.

Acuicultura: En el municipio hay áreas de acuicultura localizada en la Cantera S.A, ubicada en el km 48 carretera a La Boquita-Casares y en la comunidad de la Trinidad, donde hay conservación de especies de agua dulce como el camarón y la tilapia.

Apicultura: Centrándose esta actividad en el municipio en la zona rural, siendo un medio de subsistencia para estas familias.

Industria: Procesamiento de café por la empresa CISA S.A y Beneficio El Carmen, una empresa textil SAGSA y una industria de procesamiento del aguacate, cuatro fábricas de bolis.

Minería: La explotación minera en el municipio de la piedra cantera está localizada en cinco empresas mineras: Cantera S.A, Cantera Las Palmas, Cantera El Carrizal, Cantera Guadalupana, Pedrera San Sebastián, todas situadas en el sector de Apompuá, carretera a La Boquita.

Existe extracción de piedra cantera en la periferia de la ciudad, extraída con barra, de forma artesanal, en el barrio Roberto Clemente, San Francisco 4ta. Calle.

Turismo: Las perspectivas económicas de la Ciudad de Diriamba, están íntimamente ligadas al turismo, la cual tiene proyecciones de explotación a largo plazo, por lo que se realizan ferias que ayudan a contribuir con la dinamización de la economía de las familias participantes. Cuenta con el turismo natural destacando: Centro Turístico La Boquita, Casares, Salto de la Culebra, Poza el Mero, Reserva Silvestre La Mákina. Los recursos culturales más visitados son: Museo de Historia y Cultura, Museo ecológico del Trópico Seco.

Transporte: El transporte público urbano y rural, forma parte de una de las actividades económicas de la ciudad, debido a su fuerte demanda, que ha permitido a los propietarios de buses, microbuses, moto taxis y triciclos, adquirir nuevas unidades y ampliar sus rutas, para dar el servicio público a los ciudadanos que desean trasladarse a sus lugares de trabajo, mercados y sus hogares (Alcaldía Municipal de Diriamba, 2023).

7.2.2. Equipamiento Social

Salud: El Ministerio de Salud en este municipio cuenta con 1 hospital primario: Hospital San José, 1 hospital Clínica Médica Previsional Hospital del Maestro, 1 centro de salud, 13 puestos de salud familiar y comunitario y 1 casa para personas con necesidades especiales. Además, cuenta con 2 clínicas de medicina natural.

Educación: Se cuenta con 54 establecimientos públicos, se atiende a 13 centros privados y 4 centros subvencionados y más de 11 preescolares comunitarios.

Sociales Religiosos: Existen distintos sectores religiosos presentes en el municipio, los mormones cuentan con una iglesia, los testigos de Jehová con dos templos, los católicos con tres templos y los evangélicos con 147 iglesias (Alcaldía Municipal de Diriamba, 2023).

7.2.3. Vías de Transporte

El municipio de Diriamba presenta una red vial conformada por la Carretera Panamericana Sur que atraviesa el casco urbano y es una vía que sirve de corredor de tránsito internacional y de conexión entre grandes centros urbanos, la carretera hacia la Boquita que conecta la ciudad de Diriamba hacia otros puntos en el interior del municipio y la zona costera, los caminos colectores que conectan centro de la población importantes a la red troncal y los enlazan hacia ella.

En la zona suroeste del municipio es donde se presenta mayor concentración de centros poblados por lo tanto es donde hay mayor número de caminos que son de tiempo seco y la mayoría se encuentra en mal estado; en la zona sureste los caminos se presentan en menor número dado que hay menos centros poblados y los existentes se encuentran en mal estado lo que dificulta el acceso en periodos de lluvia (MECD, 2003).

7.3. Situación actual de la vía de estudio

El tramo en estudio (**Figura 1**), actualmente presenta características geométricamente irregulares. A lo largo del tramo se encontraron pendientes arriba del 8% en rectas considerables, dicho tramo tampoco cuenta con un ancho de calzada consistente, con estaciones que llegan a tener mayor ancho que otras.

De igual forma se puede observar una gran cantidad de baches, y alta variedad de sedimentos, producto de las escorrentías causadas por las lluvias de las épocas de invierno, las cuales arrastran todos estos materiales y provocan erosión hídrica y socavaciones, dificultando de este modo el paso vehicular y peatonal de la zona. Además de provocar la formación de charcas, las cuales aumentan el riesgo de generar vectores propicios a la transmisión de enfermedades.

Figura 1: Estado Actual del tramo



Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Sedimentos en el tramo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Entrada al tramo



Fuente: Elaboración propia

7.4. Identificación del proyecto

7.4.1. Nombre del proyecto

Construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota, Municipio de Diriamba.

7.4.2. Sector o subsector al que pertenece

El proyecto se encuentra ubicado en el marco de proyectos de tipo social, específicamente en el sector transporte subsector vías de transporte.

7.4.3. Institución dueña del proyecto

La institución dueña del proyecto es la Alcaldía Municipal de Diriamba.

7.4.4. Objetivos del proyecto

- Proveer la vía de acceso principal para el nuevo hospital departamental de Carazo.
- Incrementar el flujo vehicular de la zona.
- Mejorar el nivel de servicio del tramo disminuyendo los focos de enfermedades infecciosas en la zona.
- Promover el desarrollo socio-económico de la población.

7.4.5. Descripción del problema

Se pretende que el tramo en estudio tenga como función ser la vía de acceso principal para el nuevo hospital departamental de Carazo. No obstante, actualmente el tramo presenta una geometría irregular discontinua y sin ningún tipo de recubrimiento, por lo tanto, este se convierte intransitable para vehículos e individuos que intenten ingresar al hospital.

En el tramo se ve la presencia de grandes socavamientos producidos por las lluvias, en los cuales se acumula la basura aumentando el riesgo de convertirse en focos de enfermedades infecciosas y a su misma afectar la accesibilidad peatonal y vehicular volviéndolo prácticamente inaccesible.

7.5. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá inicialmente en la nivelación desde un punto de inicio hasta un punto de término, los cuales son en total 540 ml en la zona este de Diriamba, en el barrio La Mascota. La calle objeto de la construcción formará parte de la red vial urbana del municipio.

El adoquinado será instalado después de haber realizado los estudios correspondientes según los Criterios de las Normas de Diseño.

De acuerdo con los términos de referencia establecidos para este proyecto, se seleccionaron las normas de diseño que se aplicaron en la definición geométrica de las calles, las cuáles fueron tomadas de las normas AASHTO GREEN BOOK 2011, Guía AASHTO Diseño de Estructuras de Pavimentos 1993 y SIECA 2011.

a) Período de diseño

Para este estudio se escogió un período de diseño de vida útil de 20 años, esto basado en la condición indicada por la guía AASHTO Diseño de Estructuras de Pavimentos.

Cuadro 1: Guía AASHTO "Diseño de Estructuras de Pavimentos"

Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993	
Clasificación de la Vía	Período de Diseño
Urbana de alto volumen de tráfico	30-50 Años
Rural de alto volumen de tráfico	20-50 Años
Pavimentada de bajo volumen tráfico	15-25 Años
No pavimentada de bajo volumen tráfico	10-20 Años

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos 1993

b) Diseño Geométrico

El sistema utilizado es el de calles con una sección transversal típica estándar. El ancho promedio de dos carriles de rodamiento de las calles es de 7.2 m. No contempla otras obras como andenes y obras verdes.

c) Velocidad de Diseño

Para efectos de velocidad de diseño, se consideró una pendiente promedio de 8%, lo que ubicaría nuestro tipo de terreno como Ondulado. Basado en el TPDA de diseño que se calculó, esto ubicaría la carretera del proyecto con una clasificación funcional "Colectora Suburbana". Se decidió tomar una velocidad de diseño de 40 km/hr.

Cuadro 2: Elementos de Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES		COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA,vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75
3	Factor de Hora Pico,FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB15
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño o Directriz,km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carril.metros	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3
9	Ancho de Hombros/Espaldones,metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext:1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext:1.8 - 2.6	Int: 0.5 - 1.0 Ext:1.2 - 1.8	Ext:1.2- 1.5	Ext: 1.2 - 1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.-Grava
11	Dist.de Visibilidad de Parada,metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110
12	Dist.de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480
13	Radio Mín.de Curva.Peralte 6%. metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195
14	Maximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53 - 3°25	8°29' - 4°35'	12°44 -5°53	12°44'-5°53'
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobreelevación,porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3
18	Pendiente de Hombros,porcentaje	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5
19	Ancho de Puentes entre bordillos,metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25	HS20-44	HS20-44
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30
22	Ancho de Mediana,metros	4-12	4-10	2-6	-	-
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR

Fuente: Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales 2004

Notas: Pav: Pavimento asfaltico o de cemento Portland

P: Plano O: Ondulado M: Montañoso

AR: Autopista Regional, TS: Troncal Suburbana, TR: Troncal Rural, CS: Colectora Suburbana, CR: Colectora Rural

d) Tránsito de Diseño

El tipo de tránsito característico es de tránsito liviano; gran cantidad de motos y vehículos particulares, además de vehículos de menor tonelaje, los cuáles se determinaron mediante un aforo vehicular que se realizó en la zona.

Para el diseño geométrico, el vehículo de diseño es aquel cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase. Otro elemento de influencia en el diseño geométrico de la vía es el peso del vehículo y sus características operacionales.

7.6. Análisis de involucrados

Cuadro 3: Análisis de los involucrados

Grupos	Intereses	Problemas Percibidos	Demanda	Clasificación
Pobladores	Mejoramiento vial, superior acceso a centro de salud	Oferta limitada para servicios de salud	Vías en buen estado, fácil acceso	Indirecta
Ministerio de Salud	Población sana	Demanda no cumplida con el centro de salud actual	Ruta de acceso para el futuro centro de salud	Directa
Transportistas	Nuevas oportunidades para rutas suburbanas	No hay rutas de acceso para el futuro centro de salud	Camino transitable	Directa
Alcaldía de Diriamba	Garantizar el acceso a los pobladores al nuevo centro de salud	Tramo actual no transitable	Que el tramo no se deteriore por el mal uso del público	Indirecta

Fuente: Elaboración propia

7.7. Análisis de los beneficiarios

Los beneficiarios del proyecto son las personas que obtendrán algún tipo de beneficio de la implementación del mismo. Se identifican dos tipos de beneficiarios.

a) Beneficiarios Directos

El grupo que se beneficiara directamente del proyecto incluye a los habitantes de la zona que poseen propiedades en los alrededores del mismo, pues estos verán un aumento en el valor catastral de sus viviendas debido al mejoramiento de la red vial. Se espera que el número de personas afectadas por diarrea y dengue, consideradas las dos enfermedades infecciosas que tienen mayor cantidad de casos en la zona, se vean reducido. Asimismo, los dueños de taxis y caponeras, que se dediquen al transporte de pasajeros percibirán un aumento en sus ingresos al tener una mayor circulación en el área.

b) Beneficiarios Indirectos

Son las personas que viven en el interior de la zona de influencia definida del proyecto. Estos incluyen a las personas que se benefician del uso de la ruta de acceso al futuro hospital, lo que implica ahorro en gastos por enfermedades. Aquí se podría ver beneficiada toda la población con enfermedades crónicas, alrededor de 9317 personas por año, las 4382 personas hospitalizadas por año y todos los vehículos que pasen por el tramo a lo largo del período de diseño.

7.8. Análisis de la demanda

La demanda caracterizada en el proyecto son los usuarios del tramo en estudio. Tal definición de usuario incluye vehículos, vehículos de carga y pasajeros. Estos usuarios poseen un origen y destino el cuál es transitado por el tramo en estudio. Para cuantificar el volumen de la demanda, es necesario realizar conteos de tráfico y encuestas origen-destino.

El tramo de interés actual no refleja la situación esperada de una ruta de acceso para un hospital, por lo tanto, se decidió realizar una homologación utilizando la ruta de acceso de un hospital cercano a la zona de interés con un comportamiento esperado similar.

Los conteos de tráfico fueron realizados en la ruta de acceso al Hospital San José, ubicado a 1.5 km del tramo en estudio y las encuestas origen-destino se realizaron en los alrededores del mismo. Se realizó un conteo vehicular de fin de semana (sábado y domingo por 12 horas).

En Diriamba existen dos hospitales actualmente, siendo el hospital más próximo a la zona de estudio el Hospital San José. Fue en esta zona que se realizó un conteo vehicular de fin de semana (sábado y domingo por 12 hrs)

Mediante el siguiente cuadro, se puede observar el comportamiento de tránsito en la vía que se tomó como referencia. También, se da a conocer la variedad de vehículos que circulan, en la que se evidencia que las motocicletas son el vehículo con mayor afluencia que circulan sobre la vía.

Cuadro 4: Resumen semanal de 12 horas por tipo de vehículo

RESUMEN SEMANAL POR 12 HR POR TIPO DE VEHÍCULO					
TRAMO "Intersección 5ta Calle SE - 3ra Avenida SE" Hospital San José					
Día	Clase 1	Clase 2	Clase 4	Clase 5	Total
Sábado	1164	678	21	26	1889
Domingo	991	500	19	20	1530
TPDi	1078	589	20	23	1710
% de veh	98.65%			1.35%	

Fuente: Elaboración propia

Los datos recopilados corresponden a un conteo de 2 días y 12 horas consecutivas, para obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se utilizaron los siguientes factores de expansión.

Cuadro 5: Factores de expansión

Estación de mayor cobertura será Entrada al INCAE - El Crucero (Factores Enero - Abril)					
Factor Día	1.32	1.34	1.3	1.37	
Factor Fin de Semana	1.02	1.06	1.33	1.47	
Factor Expansión	1.03	1.02	1	1.06	
TPDA	1495	854	35	50	2434

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico 2022

Se obtuvo un TPDA de 2,434 vehículos.

7.8.1. Proyección del Crecimiento vehicular

Para realizar el cálculo de la proyección de vehículos se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Tránsito proyectado al año n

$$Tn = TPDA(1 + i)^n$$

Donde:

Tn : Tránsito proyectado al año n

n : número de año

i : tasa de crecimiento

Para las tasas de crecimiento de la proyección vehicular, se tomaron en cuenta diversas tasas de crecimiento que se consideran pueden tener un efecto en el crecimiento vehicular de la ruta a lo largo del período de diseño.

Asimismo, se recopilaron datos históricos del producto interno bruto de Nicaragua, esto según el Banco Central de Nicaragua (BCN). Este valor tiene relevancia con el crecimiento vehicular, ya que indica el valor monetario de la producción de bienes y servicios, lo que podría indicar el aumento no sólo de vehículos que transitan, sino de viajes realizados.

Cuadro 6: PIB histórico de Nicaragua

Año	PIB (Millones de córdobas)	TC PIB (%)
2006	118837.7	-
2007	124870.3	5.1
2008	129160.5	3.4
2009	124907.7	-3.3
2010	130416.3	4.4
2011	138654.2	6.3
2012	147661.4	6.5
2013	154936.8	4.9
2014	162351.3	4.8
2015	170131.6	4.8
2016	177894.9	4.6
2017	186212.4	4.6
2018	179107	-3.4
2019	174662.6	-2.9
2020	171577.6	-1.8
2021	189331.1	10.3
2022	196432.5	3.8
Promedio		3.26

Fuente: Banco Central de Nicaragua

También se tiene la tasa de crecimiento poblacional de la zona en estudio. De igual manera, puede representar el aumento de viajes y vehículos, pero de manera más localizada. En el

Anexo 9 se reflejan los datos históricos de crecimiento poblacional.

Cuadro 7: Tasas de crecimiento poblacional en Diriamba

Tasa de Crecimiento Poblacional – Diriamba	
Año	Tasa de Crecimiento (%)
2005-2010	0.8
2010-2015	0.6
2015-2020	0.5
Promedio	0.63

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2005

La tasa de crecimiento de la cantidad de egresos hospitalarios al Hospital San José indica de manera aún más puntal el aumento de la demanda para el uso objetivo de la ruta de acceso.

Cuadro 8: Egresos hospitalarios al Hospital San José desde 2018

Egresos hospitalarios		
Año	Pacientes	Tasa de crecimiento (%)
2018	2842	
2019	4536	59.6
2020	2207	-51.3
2021	3195	44.8
2022	4565	42.9
Promedio		23.98

Fuente: Mapa Salud – MINSA

Finalmente, se tiene la tasa de crecimiento del TPDA histórico de la estación de mayor cobertura más similar al tramo de interés. Esta podría de igual manera predecir el comportamiento general que tendrá el volumen de tráfico a lo largo del período del tiempo.

Cuadro 9: TPDA histórico de la estación de mayor cobertura

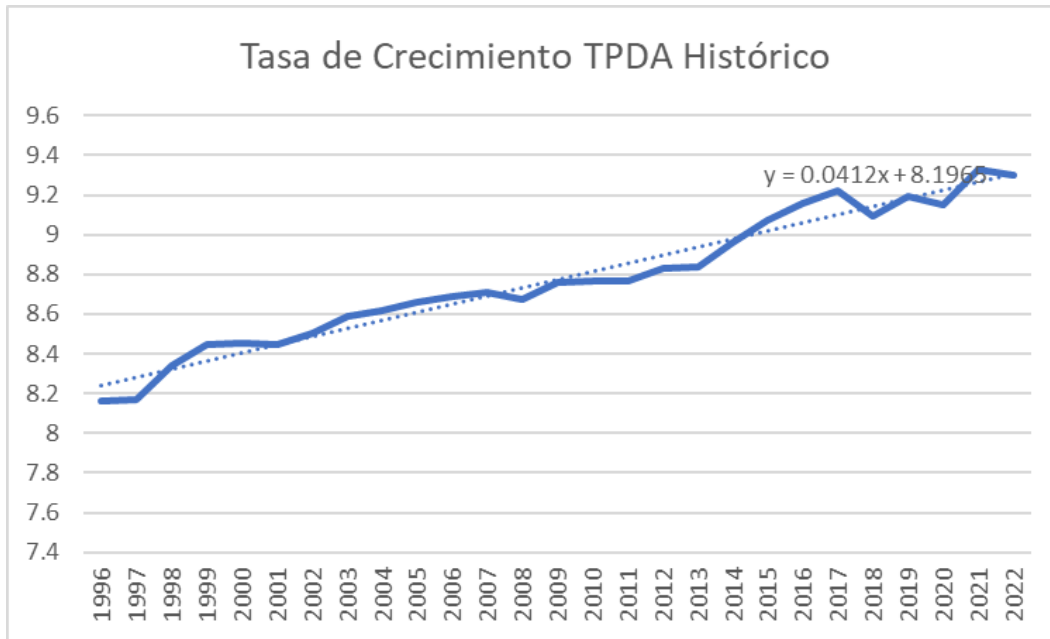
TPDA histórico estación de mayor cobertura - Entrada al INCAE - El crucero		
Año	TPDA	Tasa
1996	3500	-
1997	3538	1.1
1998	4201	18.7
1999	4674	11.3
2000	4681	0.1
2001	4644	-0.8
2002	4923	6.0
2003	5375	9.2
2004	5523	2.8
2005	5768	4.4
2006	5913	2.5

TPDA histórico estación de mayor cobertura - Entrada al INCAE - El crucero		
Año	TPDA	Tasa
2007	6042	2.2
2008	5856	-3.1
2009	6379	8.9
2010	6412	0.5
2011	6435	0.4
2012	6862	6.6
2013	6892	0.4
2014	7783	12.9
2015	8685	11.6
2016	9466	9.0
2017	10089	6.6
2018	8918	-11.6
2019	9825	10.2
2020	9403	-4.3
2021	11218	19.3
2022	10954	-2.4
Promedio		4.72

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2022

Para el cálculo de la tasa de crecimiento del TPDA histórico, se procedió a insertar en una gráfica cada año con el logaritmo natural del TPDA correspondiente. El factor que multiplica al primer término de la ecuación de la línea de tendencia resultante en esta gráfica será la tasa de crecimiento.

Figura 4:TPDA histórico



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se tiene que la tasa de crecimiento según TPDA histórico es de 4.12%.

Se considera que, de las tasas de crecimiento presentadas, las que tienen mayor peso al momento de calcular la proyección vehicular son las del producto interno bruto y el TPDA histórico. Esto es debido a dos factores principales: mayor cantidad de muestras y el efecto de estas tasas en particular representan el comportamiento del movimiento vehicular a un nivel macroeconómico pero localizado a la zona de estudio. La tasa utilizada para la proyección de tránsito fue un promedio de ambos valores.

Cuadro 10: Proyección de tránsito al año 2022

PROYECCIÓN VEHICULAR PERIODO 2044						
No.	Año	Clase 1	Clase 2	Clase 4	Clase 5	Total
0	2024	1495	854	35	50	2434
1	2025	1555	889	37	52	2533
2	2026	1617	924	38	55	2634
3	2027	1682	961	40	57	2740
4	2028	1749	999	41	59	2848
5	2029	1818	1039	43	61	2961

6	2030	1891	1080	45	64	3080
7	2031	1966	1123	47	66	3202
8	2032	2044	1168	48	69	3329
9	2033	2126	1215	50	72	3463
10	2034	2211	1263	52	74	3600
1	2035	2299	1313	54	77	3743
12	2036	2390	1366	56	80	3892
13	2037	2486	1420	59	84	4049
14	2038	2585	1477	61	87	4210
15	2039	2688	1535	63	90	4376
16	2040	2795	1597	66	94	4552
17	2041	2906	1660	69	98	4733
18	2042	3022	1726	71	102	4921
19	2043	3142	1795	74	106	5117
20	2044	3268	1867	77	110	5322

Fuente: *Elaboración propia*

Se tiene que el TPDA para el período de diseño es de 5,322 vehículos.

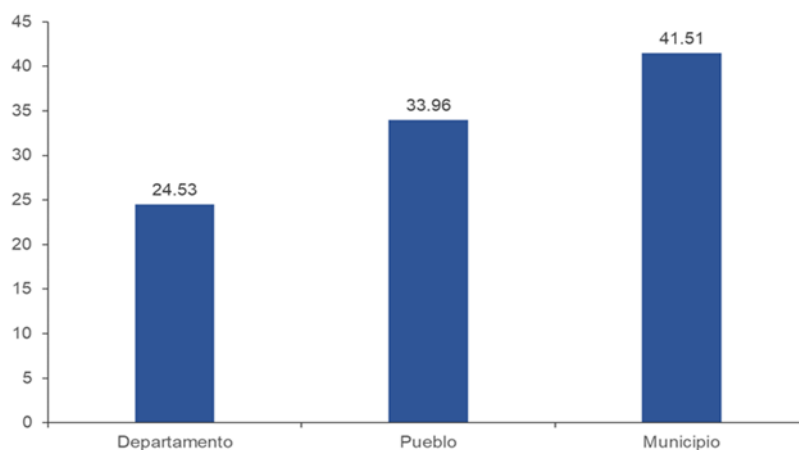
7.8.2. Origen-Destino

De igual manera que para el estudio socioeconómico, se realizaron encuestas de Origen-Destino. Para una población finita de 65,002 habitantes según la Caracterización Socio-Económica de la Ciudad de Diriamba (2022), Se calculo un tamaño muestral de 50, con un error máximo de 13.85% y una confiabilidad del 95%. Las encuestas fueron realizadas en los sectores aledaños al Hospital San José, debido a que la situación que se presenta en la zona será similar a la que se observará en el nuevo Hospital departamental de Diriamba.

Los siguientes resultados fueron recopilados:

Cuando una persona realiza algún viaje, el 41.51% de ellos empieza desde el mismo municipio en el que residen.

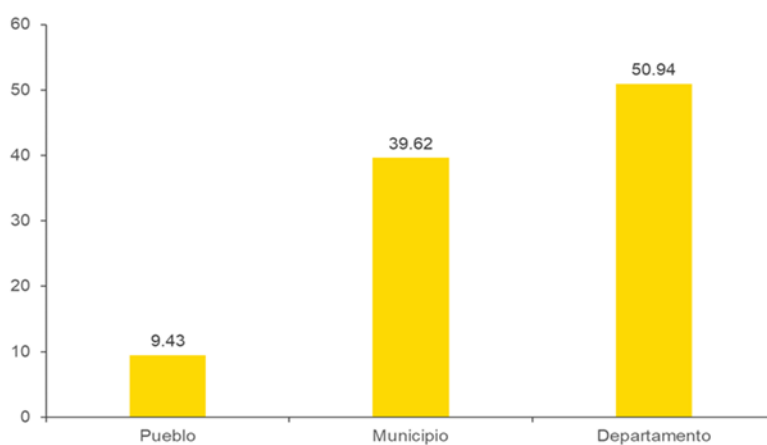
Figura 5: Origen del viaje



Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los viajes tienen un destino hacia otros departamentos o municipios y muy pocos tienen destinos a hacia pueblos.

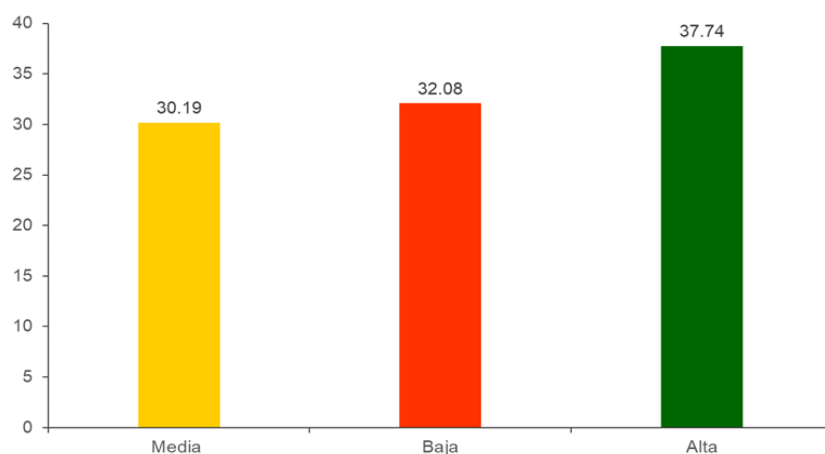
Figura 6: Destinos de viajes



Fuente: Elaboración propia

La distribución de la frecuencia de viajes realizada por la población encuestada está dividida de manera bastante equitativa dentro de los rangos definidos.

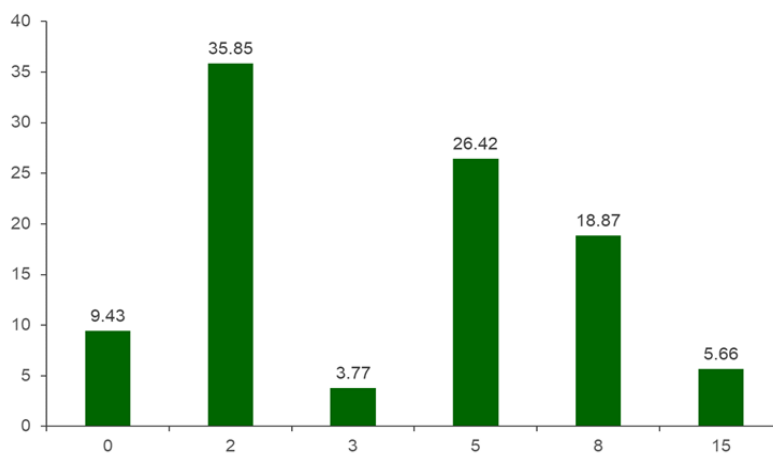
Figura 7: Frecuencia de viajes



Fuente: Elaboración propia

El número de pasajeros más frecuente es de dos personas, con el segundo lugar siendo de cinco personas en el vehículo. Esto es consistente con lo encontrado en los conteos, los cuales representan a las motos y los automóviles como los medios de transporte más comunes.

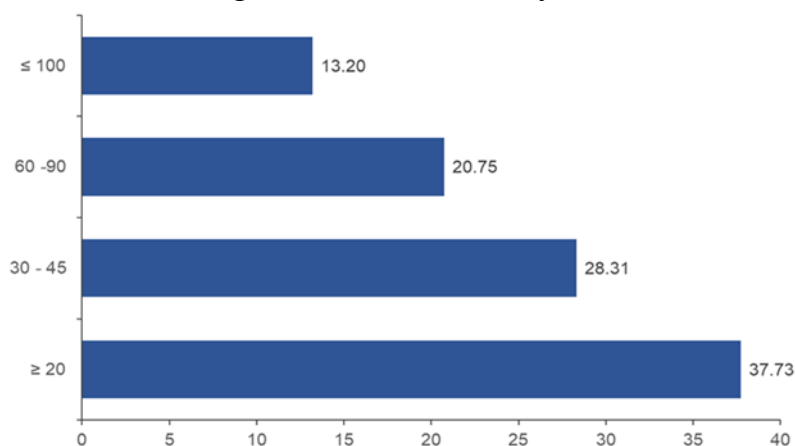
Figura 8: Número de pasajeros



Fuente: Elaboración propia

En general la duración promedio de los viajes es inferior a 20 minutos, dado que los trayectos dentro del municipio son habituales y las motocicletas tienden a moverse más rápido en medio del tráfico.

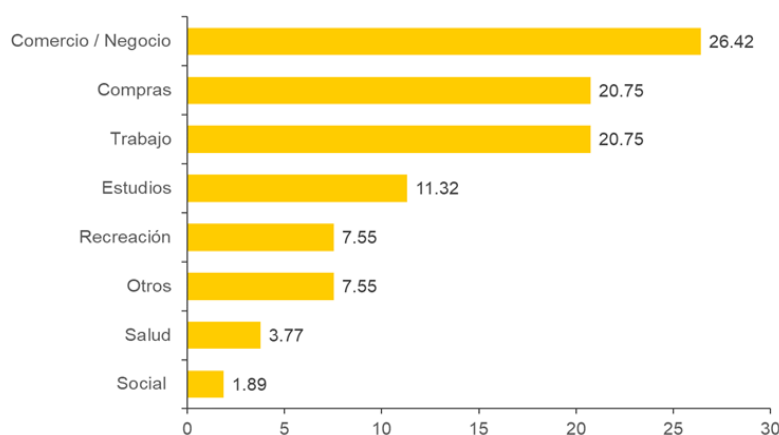
Figura 9: Duración de viajes



Fuente: Elaboración propia

Gran parte de los individuos encuestados realizan viajes por motivos de comercio/negocio con un 26.42%, mientras que el 20.75% lo dedica a hacer compras personales.

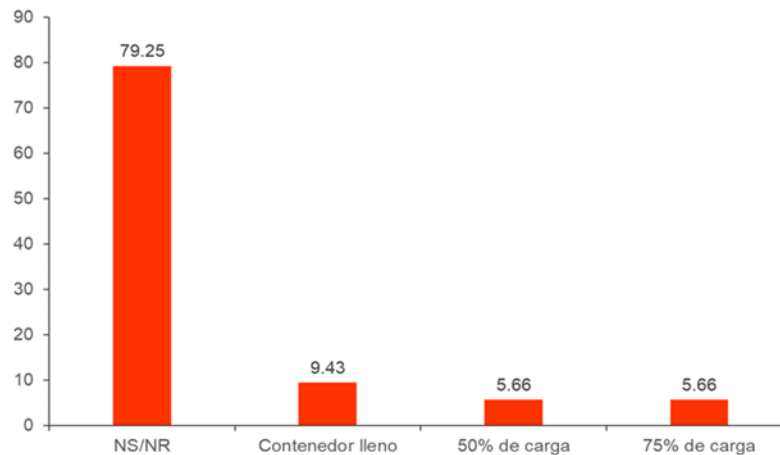
Figura 10: Motivo de viaje



Fuente: Elaboración propia

En vista de que la mayor parte de los encuestados no se dedican a la comercialización de productos se puede observar en la gráfica que el 79.25% no sabe o no respondió la capacidad de carga que puede tener su vehículo, siendo el 9.43% que utilizan el contenedor a su máxima capacidad.

Figura 11: Capacidad de carga



Fuente: Elaboración propia

La demanda del tramo es de 2,434 TPDA. Se realizó la proyección del tráfico a un período de diseño de 20 años, en la que se tuvo una demanda real de diseño de 5,322 TPDA. Además, se observó que la mayoría de los vehículos que transitan por el tramo son vehículos livianos, con dos pasajeros, intramunicipales y de corta duración.

8. ESTUDIO TÉCNICO

En esta etapa se analizarán detalladamente los elementos que componen la ingeniería básica del proyecto y los procesos por los que pasara la obra, con el fin de mostrar los requerimientos necesarios para que el proyecto sea funcional.

De igual manera, la relevancia de este estudio radica en que la información recopilada en este apartado posibilita realizar una evaluación económica de las variables técnicas del proyecto, lo que permite una estimación bastante precisa de los recursos necesarios para el mismo.

8.1. Localización del proyecto

8.1.1. Macro localización

El tamo en estudio se ubica geográficamente macro localizado en el departamento de Carazo, municipio de Diriamba, perteneciente a la zona del pacifico de la República de Nicaragua.

Diriamba es el municipio más poblado del departamento de Carazo con una extensión territorial de 349 km² a una altitud de 580.13 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se localiza a una distancia de 42 km al sur de Managua y es considerado dentro de la Región Metropolitana de Managua.

El municipio de Diriamba limita al norte con el municipio de San Marcos, al sur con el Océano Pacífico, al este con los municipios de Dolores y Jinotepe y al oeste con el municipio de San Rafael del Sur y el Océano Pacífico.

Figura 12: Macro localización

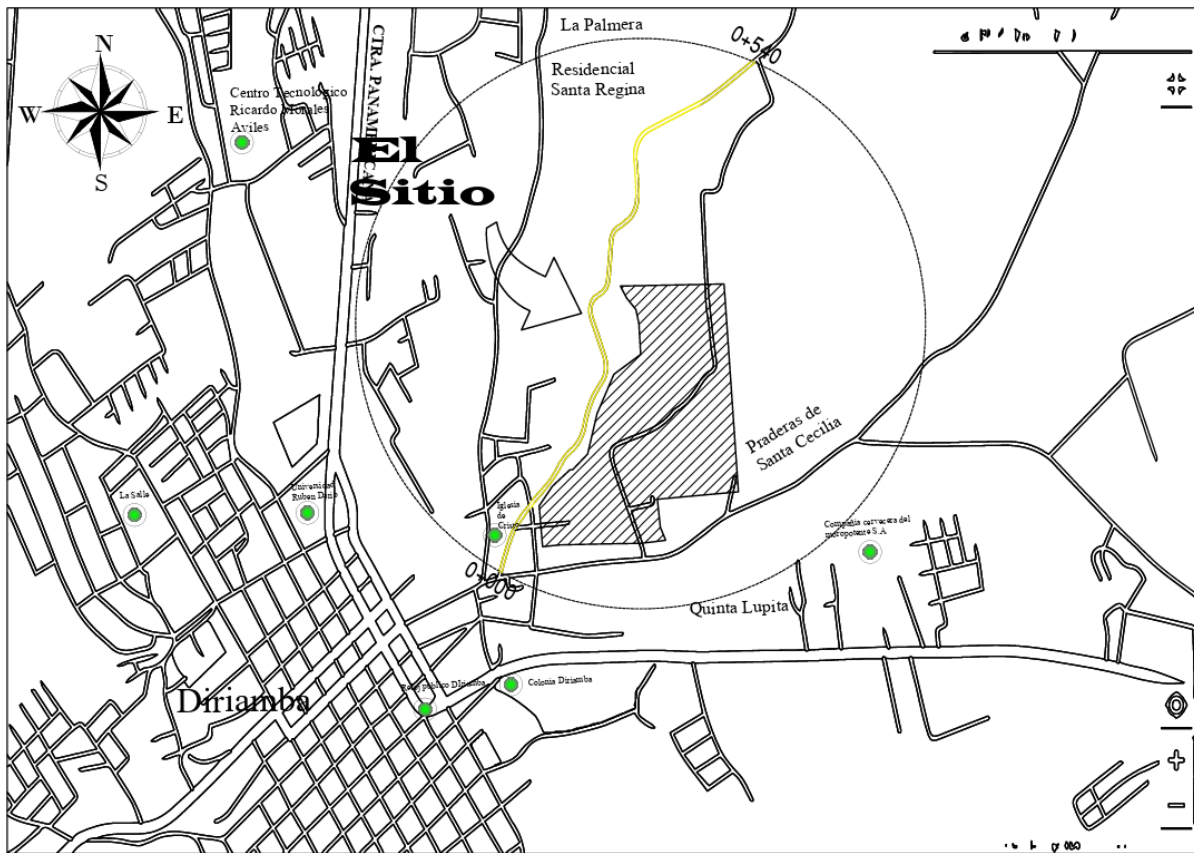


Fuente: INETER

8.1.2. Micro localización

El proyecto se desarrollará en el límite Noreste del casco urbano de la ciudad de Diriamba, Barrio La Mascota, específicamente al costado Norte de la lotificación Santa Cecilia y próximo al centro de salud Manuel de Jesús Rivera, La Mascota. En las coordenadas: 11° 51' 53"N 86° 13'59"W, Partiendo desde la estación 0+000 hasta la estación 0+540.

Figura 13: Micro localización



Fuente: Elaboración propia

8.2. Tamaño del proyecto

Para determinar el tamaño se requirió realizar un aforo vehicular, de modalidad fin de semana. Este fue aplicado entre el 20 y 21 de enero del año 2024. En este se puede observar que la concentración de vehículos livianos es el de mayor tráfico, obteniendo un Transito Promedio Diario (TPDA) de 2,434 vehículos.

8.2.1. Descripción de las características del tramo

La elaboración del proyecto se basa en implementar un pavimento articulado de 540 metros lineales en el Barrio La Mascota, Municipio de Diriamba, utilizando adoquín como carpeta de rodamiento, la cual funcionara como vía de acceso principal a lo que será el nuevo Hospital Departamental de Diriamba, para su elaboración se efectuaran actividades que vayan de acuerdo al propósito del proyecto, tomando en cuenta sus especificaciones técnicas y siguiendo las normativas vigentes utilizadas en el país.

8.2.2. Rodamiento

Se puede observar que la superficie de rodamiento actual en la vía se encuentra en un estado que no está delimitada ni definida, sino que su mal estado la hace no apta para el paso vehicular.

La estructura actual de la superficie de la vía, al carecer de las características geométricas de un diseño vehicular, solo permite la circulación de vehículos de dos ruedas (motos, bicicletas, etc.), a velocidades de operación inferiores a los 25 kilómetros por hora (km/h). Debido a la falta de una capa de rodamiento y a la inestabilidad del terreno natural, se encuentra una gran cantidad de baches y arenillas a lo largo del tramo, las cuales podrían llegar a afectar el estado del vehículo y la integridad física del conductor si se utilizara.

8.3. Ingeniería del proyecto

8.3.1. Levantamiento topográfico

Con el fin de comprender las características del terreno, se llevaron a cabo estudios topográficos de campo, este levantamiento (**Ver Anexo 1**) tiene su desarrollo en la lógica de contar inicialmente con los datos georreferenciados de los GPS 1 y GPS 2, los cuales fueron colocados con el fin obtener las coordenadas geodésicas en la red nacional, permitiendo la obtención de varios puntos auxiliares distribuidos a lo largo del tramo. Las coordenadas de los GPS y los Puntos Auxiliares se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 11: Levantamiento Topográfico

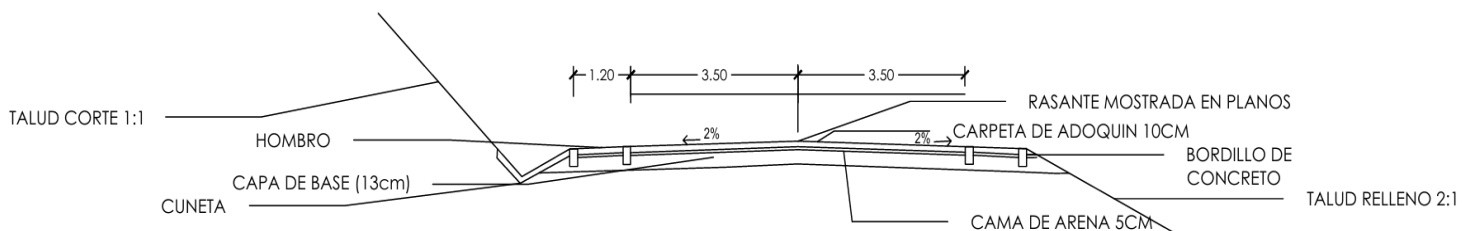
Point #	Coordenadas N	Coordenadas E	Descripción
GPS 1	1311588.460	583658.232	GPS 1
GPS 2	1311657.846	583686.280	GPS 2
200	1311934.900	583519.928	Aux-1
250	1311923.610	583513.023	Aux-2
254	1311857.980	583533.856	Aux-3
291	1311801.630	583556.451	Aux-4
292	1311663.590	583492.526	Aux-5
365	1311637.200	583483.418	Aux-6
385	1311582.200	583428.577	Aux-7
386	1311551.360	583408.199	Aux-8

Fuente: Elaboración propia

El trazado actual de la vía mantiene un alineamiento con tangentes entrelazadas por curvas horizontales. Las longitudes de las tangentes entre una curva y otra, varían en longitud, destacando las más extensas (**Ver Anexo 3**).

Se puede apreciar como el tramo en estudio posee características topográficas desiguales, teniendo pendientes transversales superiores a los cinco grados. Observar dichas características nos dan una idea de los altos volúmenes de movimientos de tierra que se deben efectuar para la realización de la nueva capa de rodamiento. Sus pendientes longitudinales son mayores al 6%.

Figura 14: Sección Transversal de la vía



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12: Proporciones

Proporciones	
Adoquín	10 cm
Cama de arena	5 cm
Base	13 cm
Sub-base	13 cm

Fuente: Elaboración propia

8.3.2. Movimiento de Tierra

El corte y relleno es un proceso constructivo que reduce considerablemente la duración y los costos del proyecto al remover tierra de un punto y usándola de relleno en otro para nivelar pendientes, crear cortes, canales y terrazas. Los datos de corte y relleno obtenidos mediante los procedimientos de cálculos se observan en el siguiente cuadro.

Cuadro 13: Volúmenes de corte y relleno

ESTACIÓN	VOLUMEN (M3)		VOLUMEN ACUMULADO	
	Corte	Relleno	Corte	Relleno
0+020	0	256.78	0	256.78
0+040	0	280.45	0	537.23
0+060	0	292.28	0	829.51
0+080	0	343.17	0	1172.68
0+100	0	368.02	0	1540.7
0+120	0	399.97	0	1940.67
0+140	0	420.08	0	2360.75
0+160	0	434.28	0	2795.03
0+180	0	435.47	0	3230.5
0+200	0	428.37	0	3658.87
0+220	0	409.43	0	4068.3
0+240	0	417.72	0	4486.02
0+260	0	416.53	0	4902.55
0+280	0	435.47	0	5338.02
0+300	0	332.52	0	5670.54
0+320	0	172.77	0	5843.31
0+340	0	76.92	0	5920.23
0+360	0	48.52	0	5968.75
0+380	0	7.1	0	5975.85

0+400	62.40	0	62.4	5975.85
0+420	132.45	0	194.85	5975.85
0+440	203.77	0	398.62	5975.85
0+460	317.12	0	715.74	5975.85
0+480	450.84	0	1166.58	5975.85
0+500	585.84	0	1752.42	5975.85
0+520	669.90	0	2422.32	5975.85
0+540	732.30	0	3154.62	5975.85
Total			3154.62	5975.85

Fuente: *Elaboración propia*

Como se puede observar, no hay suficiente material de corte para poder rellenar todo el tramo en estudio, por lo que será necesario la obtención de más material para cumplir con las necesidades del proyecto.

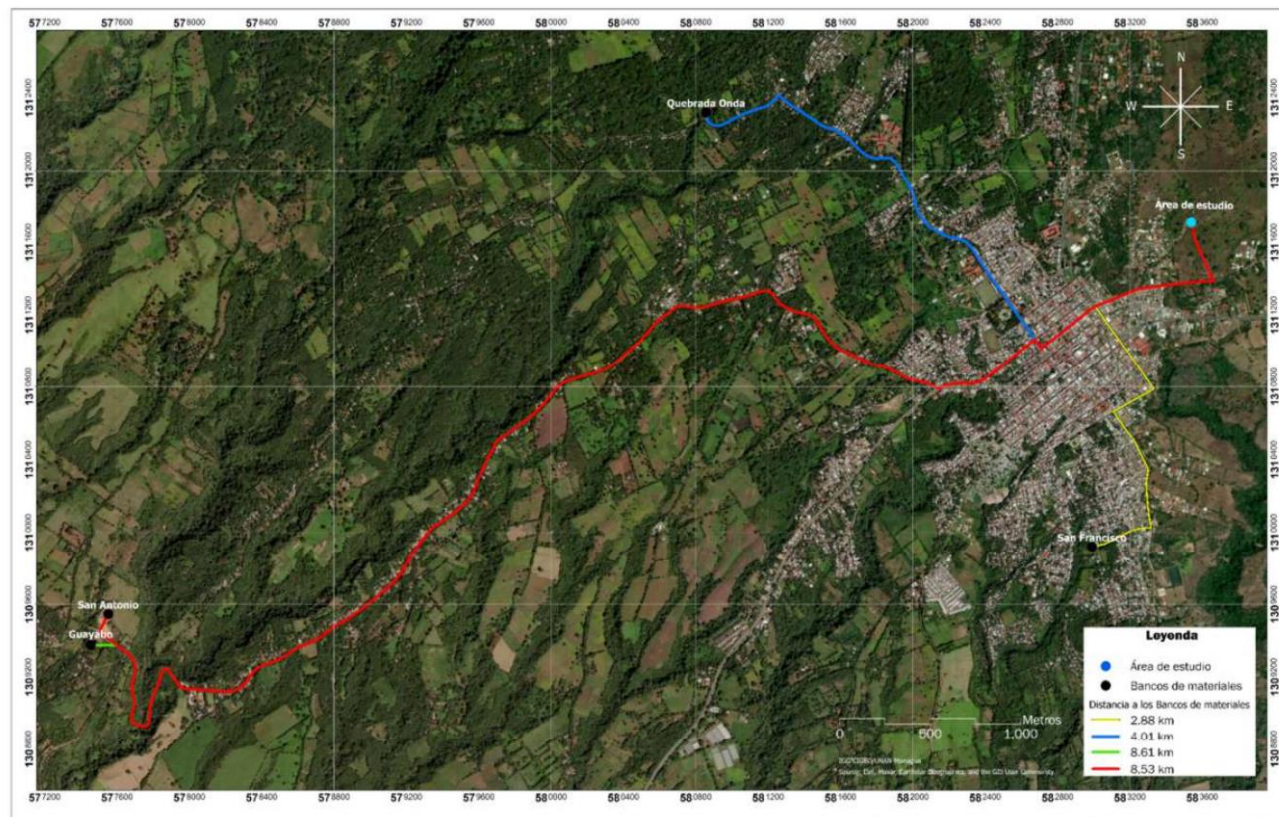
Es por ello que se verificó la ubicación de cuatro bancos de materiales (**Figura 15**) cercanos al sitio para analizar las propiedades físicas y mecánicas que los componen.

Cuadro 14: *Coordenadas de bancos de materiales*

ID	X	Y	Distancias del sitio en estudio al Banco de material (Km)
San Francisco	582991	1309922	2.88
Quebrada Onda	577552	1309546	4.01
Guayabo	577455	1309376	8.53
San Antonio	580857	1312320	8.61

Fuente: *Elaboración Propia*

Figura 15: Mapa de ubicación de bancos de materiales



Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se realizó una vista a la Alcaldía Municipal para obtener información detallada de los bancos cercanos al sitio que cuentan con permisos de explotación avalados por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), donde ninguno consta con permisos vigentes, excepto el dueño de Quebrada onda el cual si cuenta con los permisos avalados por el MARENA.

De acuerdo a las características de los cuatro bancos de materiales todos cumplen con los requerimientos solicitados para material de relleno por lo que se garantiza su calidad como material. Sin embargo, a como se mencionaba anteriormente, de estos solo Quebrada onda garantiza permisos de explotación avalados por el MARENA y los otros restantes solo cuentan con permisos respaldados por la Alcaldía municipal de Diriamba.

Tomando en cuenta estos factores, el material faltante para relleno y material selecto para la base de nuestro tramo, serán proporcionados por el Banco de materiales Quebrada onda, a continuación, las propiedades del banco de material seleccionado:

Banco de materiales Quebrada Onda

Este banco de material, está ubicado a una distancia de 4.1 km del sitio de estudio. El material de este banco corresponde a una arena mal graduada con limo de color gris con un 40% de grava, 51 % de arena, 9 % de finos y con una humedad natural del 13.5 %, clasificado en el sistema unificado SUCS como SP-SM y por HRB un A-1-a que corresponde a fragmento de rocas, gravas y arenas limosas de calidad buena a excelente. La densidad seca máxima en Proctor modificado se determinó en 1590 kg/m³ y la humedad optima de 21%.

Cuadro 15: Propiedades físicas del banco de material Quebrada Onda

ID	Clasificación del material		Gravedad Especifica	Densidad in situ (kg/m ³)	e	Porosidad (n%)	Densidad máxima Proctor Estándar (kg/m ³)	Densidad máxima Proctor modificado (kg/m ³)	Humedad optima (%)	Grado de saturación (S%)
	SUCS	HRB								
Quebrada Onda	SP-SM	A-1-a(0)	2.61	1411.1	1.96	66.2	1560	16590	21	20.4

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 16: Propiedades mecánicas del banco de material Quebrada Onda

Muestra No.	Banco	Valor relativo soporte CBR. Densidad seca Proctor estándar		
		Compactación 90%	Compactación 95%	Compactación 100%
1	Quebrada Onda	20.7	42.3	54.2
Hinchamiento %				
1	Quebrada Onda	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

8.3.3. Estudio geotécnico

Para conocer las propiedades físico, mecánicas e hidráulicas de los suelos en el sitio donde se proyecta la obra, se realizaron sondeos manuales a lo largo del área en estudio.

- ***Ensayes de los sondeos en línea***

Para obtener información de las características de los suelos del tramo en estudio se efectuaron ensayos de suelos a las muestras inalteradas extraídas a lo largo del camino.

Se realizaron 3 sondeos manuales para el tramo en estudio, los cuales consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto de diferentes profundidades ubicadas en las siguientes estaciones: 0+000, 0+300, 0+500, se extrajeron muestras de suelo, muestra por sondeo y se realizaron ensayos, al igual que pruebas para determinar las propiedades físicas y mecánicas. La realización de dichos ensayos se puede observar en las figuras 16 y 17.

Figura 16: Sondeos manuales



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Muestreo con sondeos manuales



Fuente: Elaboración Propia

Las muestras recolectadas de los ensayos se trasladaron al laboratorio del Instituto de Geología y Geofísica (IGG-CIGEO/UNAN-MANAGUA) para determinar sus diferentes propiedades.

Todos estos análisis de laboratorio están basados en los procedimientos establecidos en las Normativas Americanas de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), las normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y según la NIC 2000.

En el siguiente cuadro se presentan las coordenadas de cada sondeo.

Cuadro 17: Coordenadas de sondeos manuales

ID	X	Y	Profundidad de prueba (m)	Coordenadas z en la superficie (m)
SM-1	583465.984	1311554.32	2.6	589.49
SM-2	583534.192	1311643.3	1.7	591.25
SM-3	583579.129	1311804.23	1.5	593.31

Fuente: Elaboración Propia

Con este ensayo se determina la capacidad de soporte de los suelos bajo condiciones de humedad y densidad controlada. Para la aplicación de este ensayo las muestras se someten a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

A continuación, se presentan las características de los suelos encontrados:

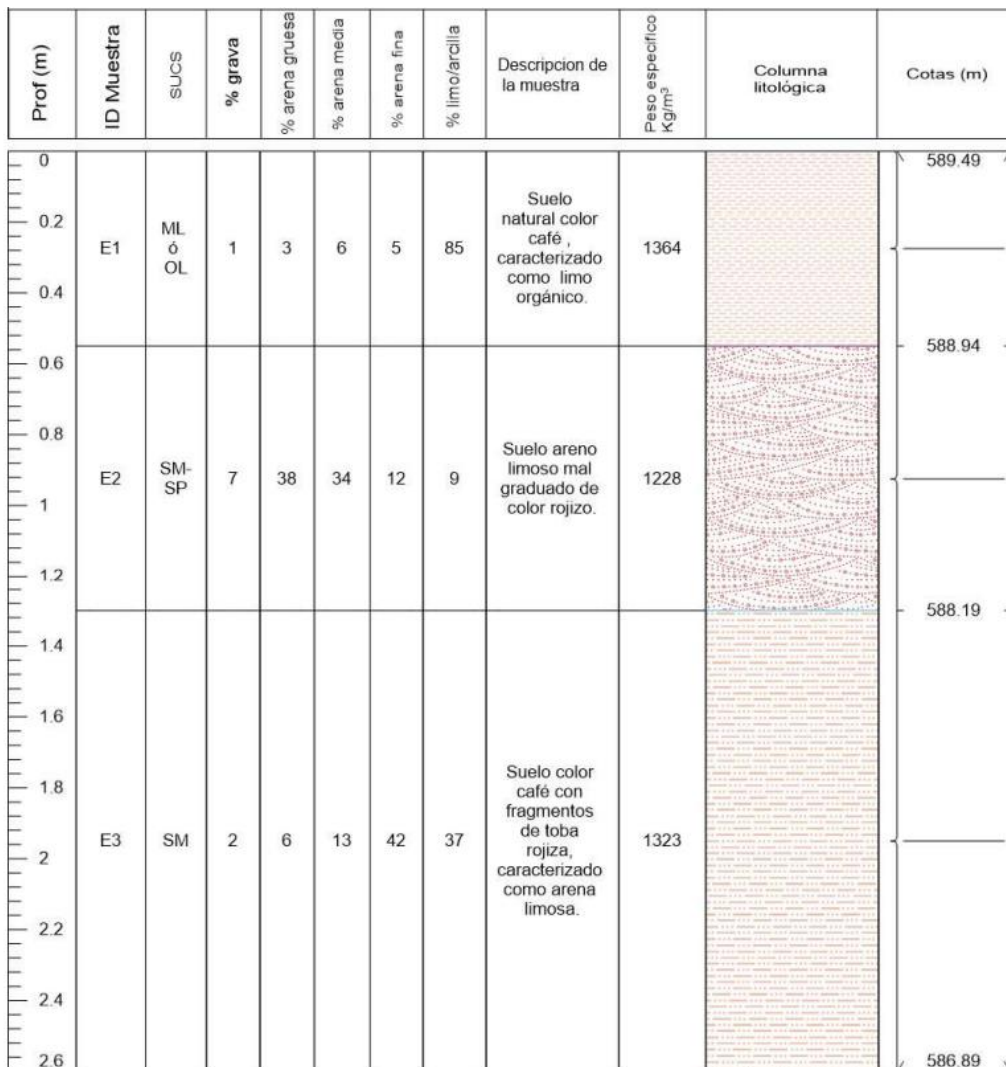
Sondeo Manual 1 (SM-1)

El primer estrato (E1) es un suelo natural de color café, caracterizado como limo orgánico, que va de 0.0 m a 0.55 m de profundidad, compuesto de 1% grava, 14% arena y 85% finos, clasificado por el sistema SUCS como ML ó OL (Limo Orgánico de baja plasticidad) y por HRB (A-4 (0)).

El segundo estrato (E2) va desde 0.55 a 1.30, caracterizado como un suelo color rojizo areno limoso mal graduado, el cual presenta una composición granulométrica correspondiente a 7% grava, 84% arena y 9% finos, clasificado por el sistema SUCS como SM-SP (arena limosa mal graduada) por HRB (A-1-b).

El tercer estrato (E3) va desde 1.30 a 2.60, caracterizado como un suelo de color café con fragmentos de toba rojiza, el cual presentó una composición granulométrica correspondiente a 2% grava, 61% arena y 37% finos, clasificado por el sistema SUCS como SM (arena limosa) y por HRB (A-4).

Figura 18: SM-1



Fuente: Elaboración Propia

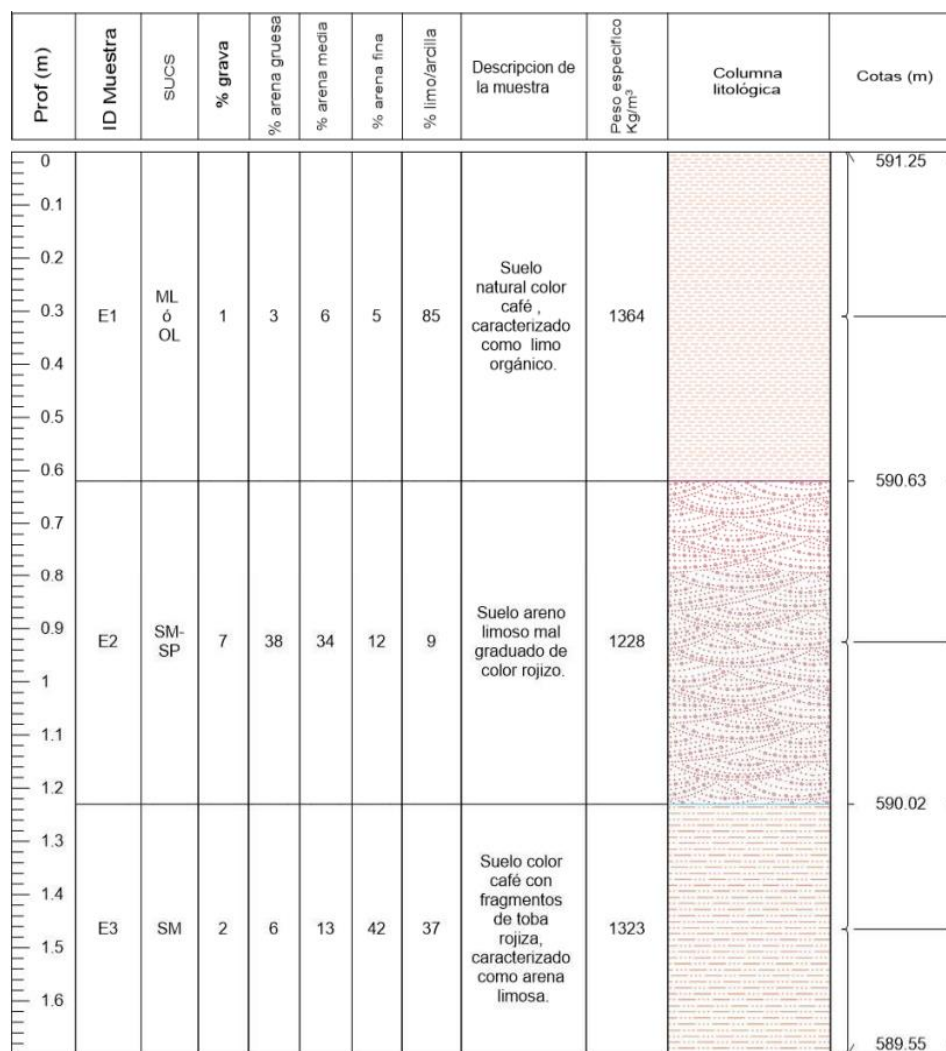
Sondeo Manual 2 (SM-2)

El primer estrato (E1) es un suelo natural de color café, caracterizado como limo orgánico, que va de 0.0 m a 0.62 m de profundidad, compuesto de 1% grava, 14% arena y 85% finos, clasificado por el sistema SUCS como ML ó OL (Limo Orgánico de baja plasticidad) y por HRB (A-4 (0)).

El segundo estrato (E2) va desde 0.62 a 1.23, caracterizado como un suelo color rojizo areno limoso mal graduado, el cual presenta una composición granulométrica correspondiente a 7% grava, 84% arena y 9% finos, clasificado por el sistema SUCS como SM-SP (arena limosa mal graduada) por HRB (A-1-b).

El tercer estrato (E3) va desde 1.23 a 1.70, caracterizado como un suelo de color café con fragmentos de toba rojiza, el cual presentó una composición granulométrica correspondiente a 2% grava, 61% arena y 37% finos, clasificado por el sistema SUCS como SM (arena limosa) y por HRB (A-4).

Figura 19: SM-2



Fuente: Elaboración Propia

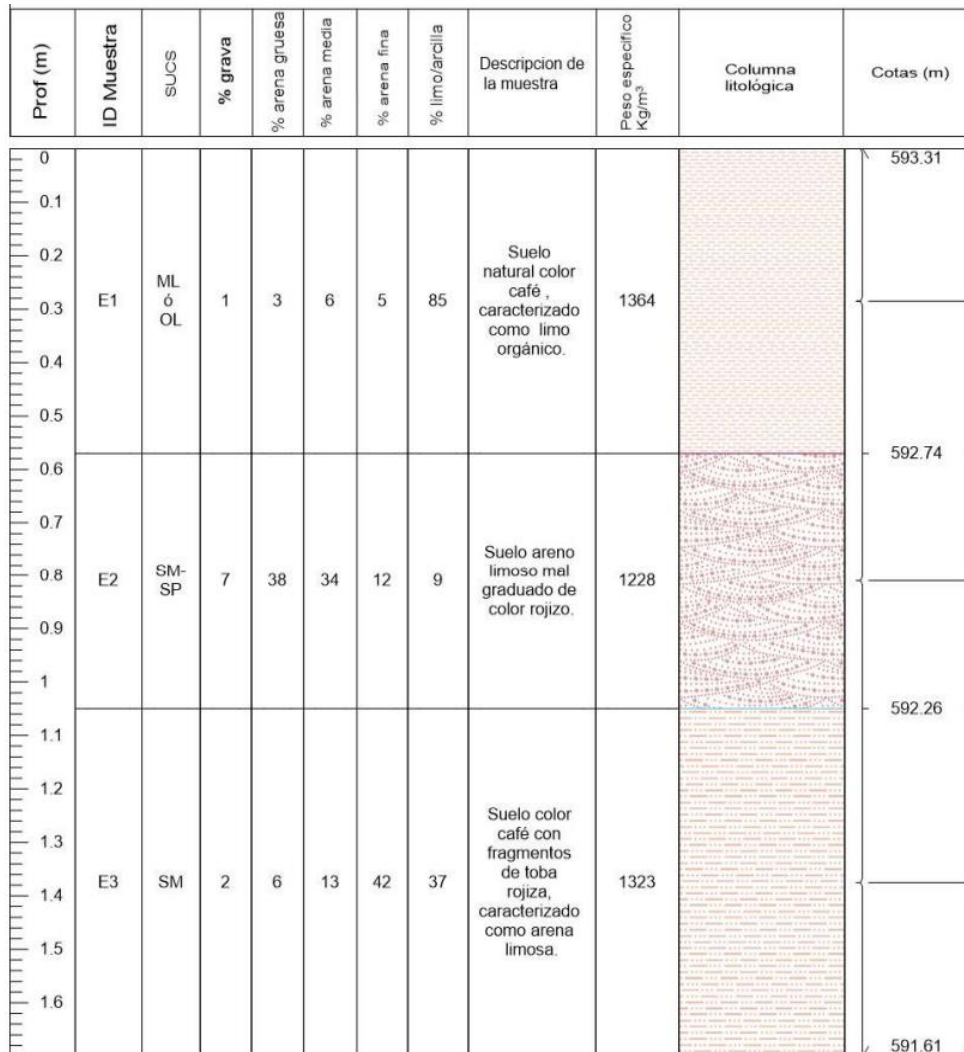
Sondeo Manual 3 (SM-3)

El primer estrato (E1) es un suelo natural de color café, caracterizado como limo orgánico, que va de 0.0 m a 0.57 m de profundidad, compuesto de 1% grava, 14% arena y 85% finos, clasificado por el sistema SUCS como ML ó OL (Limo Orgánico de baja plasticidad) y por HRB (A-4 (0)).

El segundo estrato (E2) va desde 0.57 a 1.05, caracterizado como un suelo color rojizo areno limoso mal graduado, el cual presenta una composición granulométrica correspondiente a 7% grava, 84% arena y 9% finos, clasificado por el sistema SUCS como SM-SP (arena limosa mal graduada) por HRB (A-1-b).

El tercer estrato (E3) va desde 1.05 a 1.70, caracterizado como un suelo de color café con fragmentos de toba rojiza, el cual presentó una composición granulométrica correspondiente a 2% grava, 61% arena y 37% finos, clasificado por el sistema SUCS como SM (arena limosa) y por HRB (A-4).

Figura 20: SM-3



Fuente: *Elaboración Propia*

Las propiedades índices fueron determinadas mediante pruebas de laboratorio para propósitos de clasificación a partir de los métodos SUCS y HRB. Las propiedades mecánicas de los materiales fueron determinadas principalmente utilizando la prueba de penetración estándar en los suelos, mediciones de rigidez para cálculos de CBR In-Situ con equipo Geogauge, impacto de Clegg y ensayos de CBR saturado en el laboratorio, pruebas de corte directo en suelos arenosos y limosos de alta compacidad.

En el cuadro 18 se muestran las propiedades físicas y mecánicas de los suelos encontrados en el área de estudio.

Cuadro 18: Propiedades físicas y mecánicas de los suelos encontrados

CARACTERISTICAS Y UNIDADES		
Clasificación (SUCS)		SM
Limite líquido	[%]	0-28
Índice de plasticidad	[%]	NP
Grava	[%]	2-8
Arena	[%]	61-82
Porcentaje de finos	[%]	16-37
Cohesión	[kg/ cm ²]	0
Angulo de fricción con STP y equipo de corte directo		24-53
Compacidad o consistencia		Muy suelta- Muy densa
Módulo de elasticidad	Mpa	30-158
Gravedad especifica		2.19-2.54
Densidad solida	[kg/ m ³]	2190-2540
Peso unitario total	[kg/ m ³]	840-1542
Porosidad	[%]	61.3-69.3
Relación de vacíos		1.59-2.25
Grado de saturación	[%]	29.3-40.4
Abundamiento		1.25-1.35
Coeficiente de Poisson		0.35

Fuente: Elaboración Propia

8.4. Planificación y Programación de la obra

El proyecto constará del revestimiento de pavimento utilizando para la capa de rodamiento adoquín, el cual se implementará por 540 m a lo largo de la calle de tierra ubicada en el barrio La Mascota, del municipio de Diriamba. Este constara de vías locales que van en dos direcciones, de un solo carril a cada lado.

En su mayoría el proyecto se realizará con la utilización de maquinaria pesada para la realización de los movimientos de tierra (corte y relleno de material existente), escarificación y compactación de material de relleno, construcción de sub-base y base, construcción de la superficie de pavimento o rodadura y colocación de las señales verticales y horizontales.

8.4.1. Preliminares

En esta etapa deberán considerarse además de la movilización del equipo y de personal de obra, las siguientes sub-etapas:

Limpieza inicial

Antes de iniciar los trabajos, el contratista está obligado a limpiar y eliminar cualquier obstáculo tanto en la obra como en sus alrededores que pueden afectar las operaciones. La limpieza se realizará en toda el área estructurada en los planos. El material recogido será retirado del sitio y no sufrirá daños. Las siguientes actividades no comenzaran hasta que esto se complete.

Trazo y nivelación

Se colocarán niveletas debidamente espaciadas para el buen control de los alineamientos verticales y horizontales. Es importante que el equipo ha utilizado para la nivelación cumpla con los estándares de precisión.

Construcciones temporales

Se debe proporcionar y mantener espacio suficiente para la instalación de oficinas sobre el terreno, al igual que almacenes, dormitorios y servicios higiénicos.

Rotulo

El contratista o ejecutor del proyecto debe realizar la selección de dos rótulos, tipo FISE, y mantenerlos empotrados con cemento, en los lugares de trabajo, con el fin de que estos sirvan para la identificación del proyecto.

De igual forma el contratista o ejecutor del proyecto deberá proporcionar y mantener señales preventivas a los alrededores de la zona, indicando la proximidad de la obra en ejecución, así como desvíos y restricciones de tránsito originados por la obra. Para esto se tomará un estimado de cuatro rótulos preventivos. Las señales preventivas deberán ubicarse a una distancia de 50-100 m antes del peligro. Estas deberán estar constituidas de láminas de zinc liso galvanizado con proporciones de 60x60 cm y 1.50 mm de espesor. Estas serán soportadas por postes metálicos.

8.4.2. Movilización y desmovilización

En esta etapa se entiende como las acciones relacionadas al traslado de personal, maquinaria pesada y materiales al sitio donde se desarrollará la obra.

8.4.3. Movimiento de tierra

Esta actividad consistirá en la realización de las excavaciones necesarias para acondicionar el terreno para la colocación de la estructura de la base, sub-base y la carpeta de rodamiento. El material de corte removido podrá ser utilizado en la construcción de rellenos, terraplenes y otro elemento relacionado a la construcción de la vía. El material de corte que sea reutilizado deberá acopiarse de tal forma que el acarreo se encuentre en un rango de 50 m como acarreo libre, por lo que el contratista deberá definir la estrategia de trabajo y los puntos de acopio que convengan a la obra. En el caso de que, sobre material de corte, este deberá ser catalogado como desperdicio.

El fondo de la excavación deberá ser escarificado y compactarse hasta alcanzar el espesor adecuado, no menos de 15 cm, con un grado de compactación del 95% conforme al método del Proctor Standard. Se apartará el material sobrante de la excavación a una distancia no mayor a 1km.

Será responsabilidad del contratista garantizar que el material no sea desperdiciado o que este se contamine.

Revestimiento de base

El revestimiento de la base puede estar conformada de diversas formas, esta puede ser: base granular la cual está formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo en su estado natural, clasificados o con trituración parcial; base de grava o piedra triturada, formada por la combinación de piedra o grava triturada, combinadas con material de relleno; capa de base suelo cemento, formada por una mezcla de materiales de origen volcánico compuestos por pómez o arena de río, incluyendo gravas en estado natural mezclados con cemento hidráulico.

El material a utilizar para la base de este proyecto estará conformado por una mezcla de hormigón MR-42 y material selecto proveniente del banco de materiales Quebrada honda en proporción de 50% y 50%, la base estará compactada al 95% de su densidad máxima Proctor Modificado, con capas no mayores a 15 cm.

Revestimiento de sub-base

Esta es la capa estructural del pavimento cuya función principal es soportar, transmitir y distribuir uniformemente el efecto que provocan las cargas del tránsito provenientes de las capas exteriores.

El material de sub-base a utilizar será de material selecto del revestimiento existente complementado con material del banco de préstamo seleccionado, este deberá ser compactado al 95% de la densidad máxima del Proctor Standard. El espesor de la sub-base es de 15 cm.

8.4.4. Carpeta de rodamiento

Pavimento de adoquín

Es de suma importancia contar con materiales de alta calidad a la hora de elaborar un pavimento de adoquín.

Para eso se debe de contar con adoquines de 3500 PSI. Para dar inicio al proceso de colocación de los adoquines es necesaria la colocación de una cama de arena cuyo espesor debe ser de 5 cm sobre la base antes colocada y autorizada por el supervisor de la obra. Posteriormente la junta de adoquines no debe ser mayor a 1 cm.

8.4.5. Cunetas, andenes, bordillos

Estas estructuras estarán conformadas de concreto simple con una resistencia de 3000 PSI a los 28 días de edad. La proporción de la mezcla a utilizar deberá ser sometida a supervisión y aprobación del contratista. El cemento a utilizar será Portland tipo I ASTM C-150.

La arena a utilizar deberá estar libre de contaminantes, materia orgánica y basura. Se podrá usar arena del banco de materiales “Quebrada Onda” o graduación similar debidamente tamizada por la malla # 4.

Para la mezcla de cemento el agregado grueso a utilizar deberá cumplir con las recomendaciones para agregado grueso estipuladas en las normas 613-83 de ACI 318-95 que indican que este debe ser debidamente almacenado en un lugar seco y limpio.

Todo el equipo a utilizar para la transportación y el mezclado del cemento deberá estar limpio y en óptimas condiciones, de igual forma, el agua a utilizar deberá encontrarse limpia y libre de impurezas, aceites, ácidos sales y materia orgánica.

La mezcla debe tomar al menos 1,5 a 2 minutos en funcionamiento después de que todo el material haya sido colocado en el tambor, a menos que se muestre que tiempos más cortos son suficientes para comprobar la uniformidad interna en el mezclado, de acuerdo con las normas de concreto premezclado (ASTM C-94).

Para evitar la segregación del material, el cemento deberá transportarse de la mezcladora al sitio final de su colocación, utilizando diferentes métodos que serán seleccionados por el contratista.

El control de concreto será hecho por medio de cilindros que se probarán a la compresión. Se tomará una muestra por cada 15 metros cúbicos (m³) de concreto, con un mínimo de tres muestras por elementos estructurales.

8.4.6. Señalización vial

Esta comprende lo que son las señalizaciones horizontales y verticales las cuales tiene como objetivo brindar seguridad a la población a la hora de transitar por la vía.

Señalización horizontal

Se refiere al rallado en el eje de la vía con líneas continuas hechas con pintura especial contra la acción de la intemperie y contra desgastes producidos por el pase vehicular,

estas definen las zonas de seguridad peatonal y los tramos con rayas continuas o discontinuas en la línea central de la calle.

Señalización vertical

Se refiere a señales metálicas autorizadas por el MTI como los señalamientos de reglamentación de ALTO, los señalamientos de reglamentación de CEDA EL PASO y los señalamientos de información de DOBLE VIA.

8.4.7. Medidas de mitigación y prevención ambiental

Señalización durante la puesta en obra del proyecto, previniendo a los pobladores sobre emisiones sonoras y polvo u otras sustancias como pintura, cemento, etc. De la misma manera se proveerá a los trabajadores de los accesorios necesarios para su protección como tapa orejas, gafas de protección, entre otros.

Se procurará utilizar materiales del lugar cercano a donde se realizará la obra, de manera compensatoria para formar las terrazas, comprobando su calidad, el material selecto será obtenido de un sitio debidamente autorizado.

Los desechos sólidos producidos por la construcción serán depositados en el basurero municipal, esta labor la asumirá la empresa constructora.

La calidad del aire que se prevé será afectada por el incremento de las partículas de polvos disueltas en el ambiente debido a los trabajos de movimientos de tierra y a las emisiones de gases de la maquinaria que realiza dichos trabajos, se deben mitigar aplicando riegos de agua en las zonas de trabajo y dando un mantenimiento adecuado y periódico a las maquinarias.

Para no afectar la calidad de los suelos, la capa fértil se acopiará y posteriormente a la finalización de los trabajos se tenderá y conformará para su vegetación natural.

Otro riesgo de contaminación de los suelos es por el derrame de aceites y combustibles, el contratista deberá de impermeabilizar las áreas de trabajo en talleres y planteles.

El contratista tiene prohibido realizar lavado de maquinaria en fuentes de agua naturales y deberá construir instalaciones con dispositivos de captación y recolección de hidrocarburos y lubricantes para evitar derrames que vayan a parar a fuentes de agua.

Para garantizar la Seguridad e Higiene Ocupacional el contratista deberá establecer un sistema de recolección, manejo y disposición final de los desechos líquidos y sólidos generados en todas sus instalaciones.

El contratista se hará responsable de toda la señalización vial preventiva de las calles durante la ejecución de las obras.

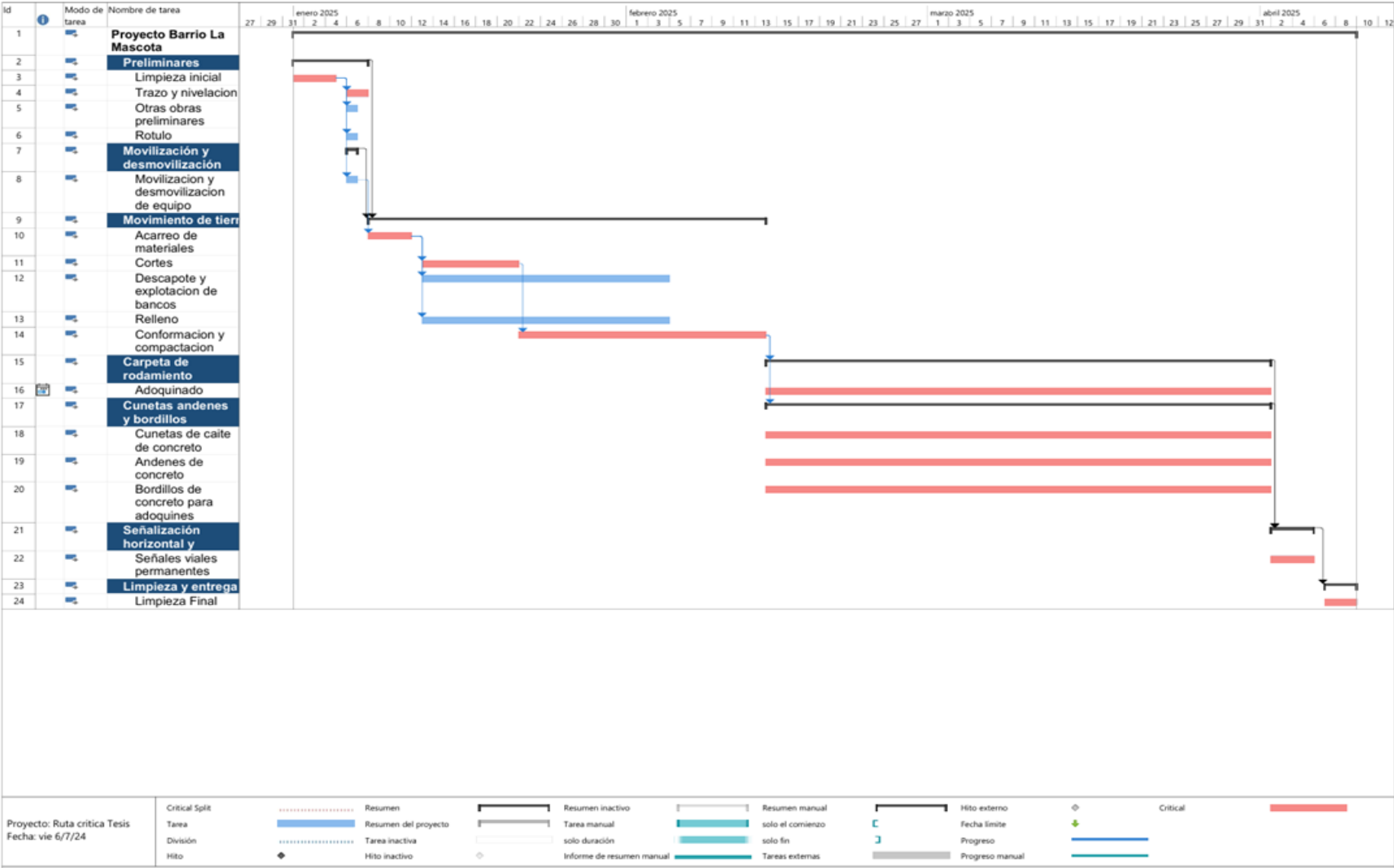
8.4.8. Limpieza y entrega final

Esta actividad implica llevar a cabo la limpieza del área, recolección y remoción de todo material restante de la construcción finalizada para entregar e instalar un rótulo metálico.

8.5. Programación de la obra

A continuación, se mostrará la programación de la obra (**Figura 21**), el cual indica los tiempos y las actividades a realizar consideradas para la ejecución del proyecto.

Figura 21: Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia

8.5.1. Especificaciones técnicas del proyecto

La ejecución de las obras del proyecto se regirá por las especificaciones para la construcción de caminos, calles y puentes establecidas en la NIC-2000.

Estas especificaciones prevalecen sobre todas aquellas que se le opongan y/o estén presentes en los planos constructivos.

Calidad de los materiales

Los materiales deben cumplir con ciertas especificaciones de calidad, las cuales son mencionadas a continuación:

Adoquín: El adoquín de concreto debe tener un área de 450 a 500 centímetros cuadrados (cm^2), equivalente a 21 adoquines por metro cuadrado (m^2) y un espesor mínimo de 10 centímetros (cm). Las caras superior e inferior deben ser planas, con la cara expuesta presentando aristas recortadas o biseladas, y ambas superficies deben ser rugosas o ásperas.

La forma en planta debe permitir el engrape entre las piezas y la colocación alternada de dos filas adyacentes. Es crucial evitar que la línea de engrape sea una línea poligonal o quebrada, a menos que la supervisión apruebe una variación que satisfaga los requisitos anteriores, los adoquines deben ser dimensionados y conformados adecuadamente.

Los adoquines deben fabricarse de concreto. La resistencia mínima del concreto a la compresión debe ser 245 kg/cm^2 y debe tener una resistencia al desgaste.

Cemento: Portland tipo 1

Arena: Tipo Motastepe, de primera calidad, seca y libre de materia orgánica. En caso de ser necesario, se puede obligar al contratista a lavarla, según considere el ingeniero supervisor.

Piedra triturada: De primera clase, adquirida en fábricas debidamente autorizadas por el MTI, se adquirirá en diversos tamaños: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " o material cero, dependiendo del uso requerido.

Madera: Para propósitos estructurales se empleará madera de pino con las dimensiones especificadas en los planos. En el caso de las formaletas, es fundamental que las piezas de madera estén bien secas y sujetadas correctamente para prevenir posibles deformaciones. El ingeniero supervisor evitará que la madera destinada a uso estructural sea utilizada más de dos veces en la construcción.

8.5.2. Organización del proyecto

Se debe definir la forma en que la comunidad u organizaciones reconocidas, participarán o brindarán recursos para el proyecto. Esto puede implicar contribuciones directas, como la donación de terrenos, materiales o mano de obra para la fase de operación, mediante aportes o trabajos destinados a dar sustentabilidad al proyecto en los aspectos físicos, en el mantenimiento, en la vigilancia, en suministros operativos o administrativos, entre otros.

Para asegurar el cuidado y mantenimiento de la obra, se podría gestionar la creación de un comité vecinal específicamente dedicado a esta labor en el marco del proyecto.

Institución dueña del proyecto

La responsabilidad de la Alcaldía Municipal de Diriamba, según lo establecido en la Ley No. 40 de la municipalidad, es incrementar proyectos de desarrollo urbano que favorezcan a los pobladores y visitantes. De igual manera, tiene el rol de coordinar la ejecución y funcionamiento del proyecto durante su vida útil.

Institución ejecutora

La Alcaldía Municipal de Diriamba es la institución que se encargará de decidir cómo se llevará a cabo la implementación del proyecto.

Una alternativa es subcontratar la ejecución del proyecto, mediante la realización de una licitación pública a empresas especializadas en la construcción de obras del municipio. Los requisitos necesarios para participar en la licitación son los siguientes:

- Constitución legal de la empresa.
- Curriculum vitae que contemple obras similares.
- Capacidad financiera y técnica.
- Fianza de cumplimiento de oferta.
- Licencia de operación del MTI.
- Inscripción en el Registro Central de Proveedores del Estado.
- Inscripción en el FISE.
- Presentación de oferta.

La institución responsable de la ejecución del proyecto será la encargada de garantizar el cumplimiento de los requisitos mencionados. Otra posibilidad de ejecución es que se desarrolle por la misma Alcaldía a través del módulo de construcción de obras horizontales.

9. EVALUACIÓN SOCIECONÓMICA

Esta evaluación se lleva a cabo con el fin de determinar cómo influye a los habitantes del barrio La Mascota la ejecución de la construcción de 540 metros de adoquinado. En su sentido más amplio se mide el impacto del proyecto sobre el bienestar socioeconómico del área donde se estará desarrollando el mismo.

Para efectuar dicha evaluación se hace un análisis beneficio-costos, que consiste en comparar los costos sociales del proyecto con los beneficios que este genera, con el objetivo de establecer la conveniencia de su realización. Para comparar los costos con los beneficios, es necesario identificarlos, medirlos y valorarlos. Teniendo esto, se procede al calcular los indicadores económicos correspondientes.

9.1. Inversión del proyecto

En Nicaragua la Inversión Pública se entiende como “el gasto ejecutado por el Sector Público con el objetivo de incrementar, rehabilitar o mejorar la capacidad del país de producir bienes y/o servicios”, según es definido en el literal ‘I’ del Arto. 4, Definiciones, de la Ley 550. (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2017).

Para la estimación de la inversión se toman en consideración los activos fijos, los cuales son cruciales para garantizar la operación del proyecto.

9.1.1. Activos fijos

Dentro del cálculo de la inversión se incluyen los activos fijos, siendo en este caso los elementos relacionados directamente con el proyecto, en la que se determinó el costo estimado de las actividades en la construcción del tramo de calle adoquinada, teniendo un valor de C\$ 8,558,277.66 (Ocho millones quinientos cincuenta y ocho mil doscientos setenta y siete 66/100).

Cuadro 19: Resumen de costos directos de la obra

Etapas	Descripción	Total
250	Preliminares	C\$ 239,815.44
251	Movilización y desmovilización	C\$ 63,443.88
260	Movimiento de tierra	C\$ 2,103,033.81
270	Carpeta de rodamiento	C\$ 2,224,719.00
280	Cunetas andenes y bordillos	C\$ 2,649,291.84
291	Señalización horizontal y vertical	C\$ 3,780.00
295	Medidas de mitigación y prevención ambiental	C\$ 115,522.80
300	Limpieza y entrega	C\$ 42,373.80
	Costo del proyecto	C\$ 7,441,980.57
	I.V.A 15%	C\$ 1,116,297.09
Costo total del proyecto		C\$ 8,558,277.66

Fuente: Elaboración propia

9.1.2. Activos diferidos

Estos han sido determinados como los costos que generan los estudios previos y los gastos legales, en esta parte se toma en consideración laboratorios de suelos, pruebas de acero, compactación, concreto, entre otros. Teniendo un valor estimado de C\$ 40,260.00 (Cuarenta mil doscientos sesenta con cero centavos).

Cuadro 20: Activos Diferidos

Descripción	Total
Estudios previos	C\$ 36,600.00
Gastos legales	C\$ 3,660.00
Costo total	C\$ 40,260.00

Fuente: Elaboración propia

9.1.3. Inversión total

Aquí se debe presentar adecuadamente la información financiera teniendo en consideración la sumatoria de los activos fijos y los activos diferidos necesarios para llevar a cabo proyecto.

Cuadro 21: Inversión total

Descripción	Costo (C\$)
Activos Fijos	C\$ 8,558,277.66
Activos Diferidos	C\$ 40,260.00
Inversión Total	C\$ 8,598,537.66

Fuente: *Elaboración propia*

9.1.4. Corrección por factor de mano de obra

En Nicaragua, el factor de corrección de mano de obra social es de 0.826. Este factor se multiplica por el costo total de mano de obra, para posteriormente este nuevo monto sumárselo al presupuesto total. Realizando esto, se obtiene un costo de **C\$ 8,380,680.33** (Ocho millones trescientos ochenta mil seiscientos ochenta con treinta y tres centavos).

9.1.5. Costos de mantenimiento

El período en el que se debe de dar mantenimiento a un camino depende de varios factores: tipo de tráfico, volumen de tráfico, tipo de pavimento, clima de la zona, temperatura y el período del diseño. El gasto que el mantenimiento incurre igualmente varía según estos factores.

El mantenimiento incluye todas las actividades necesarias para mantener la red vial de un país en operación indefinidamente. A manera general, se consideran tres tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento rutinario: Restauración del drenaje, llenado de baches y fisuras, mantenimiento de los bordes.
- Mantenimiento periódico: Resellado alrededor de cada 5 años para rejuvenecer la superficie
- Rehabilitación: Revestimiento alrededor de cada 15 años para restaurar la suavidad y durabilidad (Asian Development Bank, 2003).

Basados en los datos proveídos por El Proyecto para el Estudio del Plan Nacional de Transporte en la República de Nicaragua por JICA (Agencia de Cooperación

Internacional del Japón), podemos observar que porcentaje del presupuesto de inversión que se ha dedicado al mantenimiento de vías es alrededor de un 20%.

Cuadro 22 Inversión de MTI y FOMAV

Año	PI MTI en millones de US\$	Presupuesto FOMAV en millones de US\$	Porcentaje de Mantenimiento
2008	92.33	17.72	19%
2009	112.49	24.04	21%
2010	122.79	24.78	20%
2011	129.04	25.24	20%
2012	132.97	30.07	23%

Fuente: Estudio del Plan Nacional de Transporte en la República de Nicaragua

Dividiendo este 20 en los períodos anteriormente descritos se tiene:

Cuadro 23: Costos de mantenimiento

Periodo de mantenimiento (años)	Tipo de mantenimiento	Porcentaje	Costo total	Costo de mantenimiento
5	Periódico	3.3%	C\$ 8,598,537.66	C\$ 286,331.30
10	Periódico	3.3%	C\$ 8,598,537.66	C\$ 286,331.30
15	Rehabilitación	10.0%	C\$ 8,598,537.66	C\$ 859,853.77
20	Periódico	3.3%	C\$ 8,598,537.66	C\$ 286,331.30

Fuente: Elaboración propia

9.2. Beneficios del proyecto

Al tratarse de un proyecto de carácter social, estos se determinan en función de los beneficios que generará el ahorro por enfermedades de las familias que forman parte de la comunidad, el incremento en el valor de las propiedades, la reducción de los costos de operación de los vehículos, de tal modo que se podrá observar una mejora significativa en la calidad de vida de las personas.

9.2.1. Ahorro por mejor cobertura de salud

En Diriamba actualmente existen dos hospitales principales: el Hospital del Maestro y el Hospital San José, siendo el primero un hospital privado y por ello con menor uso por parte de la población (Blanco, 2014). Se estima que, en Nicaragua, los centros de salud públicos tienen una cobertura del 65% de la población total, el restante 45% se ve obligado a pagar para ser atendido en el subsistema de salud privado (Miradas, 2020). El Hospital San José está equipado con 63 camas. El futuro Hospital Departamental está diseñado con una capacidad de casi el doble de la infraestructura existente, con 110 camas (Larios, 2022).

Este 45% restante que está siendo atendido por hospitales privados, podrá ser atendido en el hospital al cual el tramo servirá como ruta de acceso y este gasto no incurrido por la población será el ahorro ganado. Se tomaron datos de hospitalizaciones para el año 2023 del Mapa Salud del MINSA para el municipio de Diriamba y se consideró un gasto típico de hospitalización. Según las encuestas realizadas, es evidente que la mayoría de la población trabaja en negocios propios. Este gasto típico considera un costo de consulta médica de C\$500 además de la pérdida generada al estar hospitalizada una persona por una semana o 5.5 días laborales. La pérdida diaria por no laborar se tomó del promedio del salario mínimo en Nicaragua en todos los sectores.

Cuadro 24 Salarios mínimos en Nicaragua según sector

Sector de actividad económica	Salario mensual
Agropecuario	C\$5,721.17
Pesca	C\$8,699.23
Minas y canteras	C\$10,275.02
Industria manufacturera	C\$7,692.75
Industrias sujetas al régimen especial fiscal	C\$8,746.46
Micro y pequeña industria artesanal y turística nacional	C\$6,027.72
Electricidad, agua, comercio, restaurante y hoteles; transporte, almacenamiento y comunicaciones	C\$10,493.79
Construcción, establecimiento financiero y seguros	C\$12,803.47
Servicios comunales, sociales y personales	C\$8,020.47
Gobierno central y municipal	C\$7,134.52
Promedio	C\$8,561.46

Fuente: Ministerio del Trabajo

Se tiene que por cada hospitalización existe una pérdida de C\$2069.60 para el ciudadano.

De la misma manera, se proyectó el ahorro durante los próximos 20 años de la vida útil del proyecto, teniendo en consideración una tasa de crecimiento poblacional de 0.5% del municipio de Diriamba para el período más reciente registrado (**Cuadro 7**), de manera que los beneficios aumentaran a como se presenta a continuación.

Cuadro 25: Cálculo de ahorro por mejor cobertura de salud

Causas de Egresos Hospitalarios	Casos	Gastos Por Enfermedad	Ahorro	Ahorro Total
Fiebre sospechosa de dengue	899	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 837,257.08
Diarrea	845	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 786,965.78
Neumonía	669	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 623,053.38
Diabetes mellitus	401	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 373,459.50
Infección urinaria	221	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 205,821.82
Pielonefritis aguda	219	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 203,959.18
Infección de las vías respiratorias	218	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 203,027.86

Enfermedades de las vías biliares	208	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 193,714.65
Apendicitis aguda	156	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 145,285.99
Urticaria	146	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 135,972.79
Hernias	136	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 126,659.58
Dolor abdominal	112	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 104,307.89
Insuficiencia renal crónica	72	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 67,055.07
Úlcera del pie diabético	68	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 63,329.79
Fractura	12	C\$ 2,069.60	45.00%	C\$ 11,175.85
Total	4382			C\$ 837,257.08

Fuente: Elaboración propia

9.2.2. Plusvalía de las propiedades

Debido al mejoramiento de las calles se contabiliza que 16 viviendas que se encuentran ubicadas a los costados del tramo se verán beneficiadas directamente aumentando el valor de las mismas. Según el Banco Central de Nicaragua, el estado socioeconómico de una vivienda es clasificado de tres maneras: básica, media y alta.

Se trata de una clasificación determinada por el entorno (calles y acceso a servicios del barrio) y por la observación de la edificación (paredes, pintura, área de construcción, entre otros) y la posesión de otros bienes (aire acondicionado y automóviles). Se detallan los criterios:

- Condición alta
 - General del entorno: el barrio o manzana debe tener calles pavimentadas o adoquinadas y cuenta con servicios básicos (agua, luz, aguas negras, línea telefónica, servicio de cable o satelital).
 - Específicos de la vivienda: construcción mayor a 200 metros cuadrados; paredes de bloques o monolíticas, techo de teja o zinc, piso de cerámica, pintura en buen estado, jardín bien cuidado, aire acondicionado visible, muro perimetral con o sin verjas, automóviles o garaje, y servicio de vigilancia, doméstico y/o jardineros.

- Condición media

- General del entorno: El barrio o manzana debe tener calles pavimentadas o adoquinadas y cuenta con servicios básicos (agua, luz, aguas negras, línea telefónica, servicio de cable o satelital).

- Específicos de la vivienda: construcción mayor a 100 metros cuadrados, paredes de bloques o monolíticas, techo de teja o zinc, piso de cerámica o ladrillo de cemento, pintura en buen estado, jardín bien cuidado, muro perimetral con o sin verjas, automóviles o garaje, y servicio de vigilancia, doméstico y/o jardineros.

- Condición básica

- General del entorno: el barrio o manzana no necesariamente tiene calles pavimentadas o adoquinadas, o servicios básicos (agua, luz, aguas negras, línea telefónica, servicio de cable o satelital).

- Específicos de la vivienda: construcción menor a 100 metros cuadrados, paredes de bloques, techo zinc, piso de ladrillo de cemento, embaldosado o tierra, y en su mayoría no están pintadas o con pintura no reciente. Los repartos o residenciales contruidos con interés social para personas de menor ingreso, aunque tengan ciertas características de las condiciones media o alta, se clasificarán en la condición básica (Banco Central de Nicaragua, 2017).

Teniendo en cuenta este criterio, todas las casas beneficiadas son de condición básica.

Como se indicó anteriormente, las casas de interés social, las cuales tienen un costo que oscila entre \$ 10,790 dólares y \$ 32,500 dólares, se toman de igual manera como condición básica. De acuerdo con la inspección visual del sitio, se considerará que las propiedades no tendrán un valor superior a \$ 20,000 dólares.

Para el cálculo de la plusvalía, se tomó en consideración el monto total del proyecto y este se dividió entre los metros cuadrados (m^2) en los que este tiene incidencia. Este valor es el aumento que tendrá cada vivienda por la implementación del mismo.

El área total de las propiedades beneficiadas es de 2581.42 m², este valor es multiplicado por la plusvalía para conocer el beneficio total que estas tendrán.

Cuadro 26: Beneficio por plusvalía

Descripción	Monto
Viviendas beneficiadas	16
Valor Unitario Promedio	C\$ 732,000.00
Valor total	C\$ 11,712,000.00
Área zona de incidencia (m ²)	74645.39
Área propiedades afectadas	2581.42
Plusvalía (C\$/m ²)	115.19
Beneficio Total	C\$ 297,358.44

Fuente: Elaboración propia

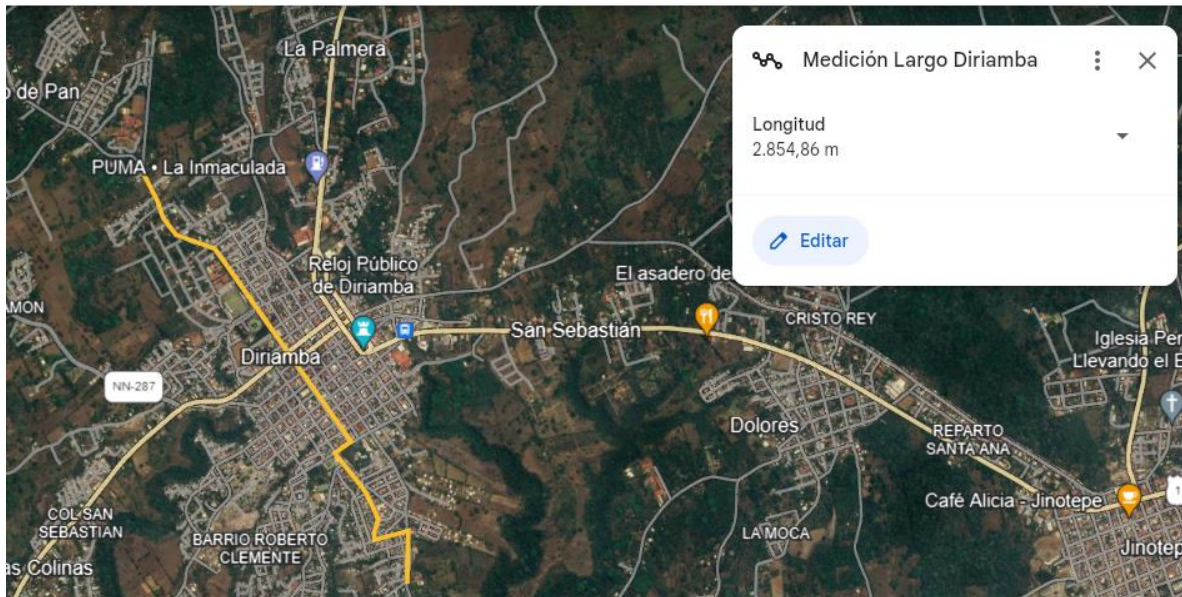
9.2.3. Ahorro por gasto en deterioro del parque vehicular

De acuerdo con las encuestas origen-destino realizadas, se ha observado que la mayoría de los viajes realizados en la zona de estudio son intramunicipales, en vehículos livianos, tienen una duración menor a 20 minutos y con una alta frecuencia de viajes. En base a estas características, se asumirá un trayecto anual del usuario promedio.

- Dos viajes por día, ida y vuelta, a lo largo del municipio, cinco días a la semana por 52 semanas.

Según trazo de Google Earth, este trayecto diario del usuario tiene una longitud de 5709.72 m. Anualmente, el usuario viaja 1320.727 km.

Figura 22: Trazo en Google Earth



Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 4: Trayecto anual

$$\text{Trayecto Anual} = 2,854.86 \text{ m} * 2 \text{ viajes} * 5 \text{ días} * 52 \text{ semanas} = 1320.727 \frac{\text{kilómetros}}{\text{año}}$$

De igual manera el trayecto anual por el tramo sería:

Ecuación 5: Trayecto anual por el tramo

$$\text{Trayecto Anual} = 540 \text{ m} * 2 \text{ viajes} * 5 \text{ días} * 52 \text{ semanas} = 280.8 \frac{\text{kilómetros}}{\text{año}}$$

El ahorro por deterioro del parque vehicular vendría siendo dado por el porcentaje del viaje anual que es realizado por el tramo de estudio:

Ecuación 6: Porcentaje de ahorro por deterioro del parque vehicular

$$\% \text{ ahorro} = \frac{280.8 \frac{\text{kilómetros}}{\text{año}}}{1320.727 \frac{\text{kilómetros}}{\text{año}}} = 21.26\%$$

Los dos tipos de vehículos que más transitan por el tramo son motocicletas y automóviles livianos. Siendo un precio aproximado de \$1,000 y \$10,000 respectivamente, se tiene que el precio por vehículo promedio de \$5,550.

La vida útil de un vehículo se estima alrededor de 12 años (The New York Times, 2012), mientras que la de una motocicleta es poco menos de 6 años. (Saint USA, 2022).

No obstante, en Nicaragua, según el Artículo 34. del DECRETO REGLAMENTO DE LA LEY N°. 822, LEY DE CONCERTACIÓN TRIBUTARIA, para vehículos de uso particular se tendrá una vida útil de 5 años. Generalmente, vehículos tienen un valor de rescate del 25% de su precio original. Por lo tanto, el valor de rescate para el vehículo promedio que pasa por el tramo es de \$1,375.

Se tiene que la depreciación lineal de los vehículos será de:

Ecuación 7: Depreciación anual de vehículos

$$\text{Depreciación} = \frac{\$5,550 - \$1,375}{5} = \$825$$

La depreciación anual es de \$825 o del 15%.

Teniendo estos datos, se calcula el ahorro por deterioro vehicular a lo largo del período de diseño.

Cuadro 27: Ahorro por deterioro vehicular

No.	Año	Automóviles por año (proyección)	Depreciación anual de vehículos	Ahorro del 21.26%
1	2025	889	C\$ 1,068,375.00	C\$ 227,136.53
2	2026	924	C\$ 1,068,375.00	C\$ 227,136.53
3	2027	961	C\$ 1,129,425.00	C\$ 240,115.76
4	2028	999	C\$ 1,159,950.00	C\$ 246,605.37
5	2029	1039	C\$ 1,221,000.00	C\$ 259,584.60
6	2030	1080	C\$ 1,251,525.00	C\$ 266,074.22
7	2031	1123	C\$ 1,312,575.00	C\$ 279,053.45
8	2032	1168	C\$ 1,373,625.00	C\$ 292,032.68
9	2033	1215	C\$ 1,434,675.00	C\$ 305,011.91
10	2034	1263	C\$ 1,465,200.00	C\$ 311,501.52
11	2035	1313	C\$ 1,526,250.00	C\$ 324,480.75
12	2036	1366	C\$ 1,617,825.00	C\$ 343,949.60
13	2037	1420	C\$ 1,648,350.00	C\$ 350,439.21
14	2038	1477	C\$ 1,739,925.00	C\$ 369,908.06

No.	Año	Automóviles por año (proyección)	Depreciación anual de vehículos	Ahorro del 21.26%
15	2039	1535	C\$ 1,770,450.00	C\$ 376,397.67
16	2040	1597	C\$ 1,892,550.00	C\$ 402,356.13
17	2041	1660	C\$ 1,923,075.00	C\$ 408,845.75
18	2042	1726	C\$ 2,014,650.00	C\$ 428,314.59
19	2043	1795	C\$ 2,106,225.00	C\$ 447,783.44
20	2044	1867	C\$ 2,197,800.00	C\$ 467,252.28

Fuente: Elaboración propia

9.2.4. Beneficios totales

El beneficio total del proyecto es la suma de todos los beneficios calculados. En el siguiente cuadro se presenta un resumen.

Cuadro 28: Beneficios totales del proyecto

Año	Ahorro por gastos en enfermedades	Incremento por plusvalía	Ahorro por depreciación de vehículos	Ahorro Total
2025	C\$837,257.08	C\$297,358.44	C\$227,136.53	C\$1,361,752.05
2026	C\$845,650.59		C\$227,136.53	C\$1,072,787.11
2027	C\$849,878.84		C\$240,115.76	C\$1,089,994.59
2028	C\$854,128.23		C\$246,605.37	C\$1,100,733.60
2029	C\$858,398.88		C\$259,584.60	C\$1,117,983.48
2030	C\$862,690.87		C\$266,074.22	C\$1,128,765.08
2031	C\$867,004.32		C\$279,053.45	C\$1,146,057.77
2032	C\$871,339.35		C\$292,032.68	C\$1,163,372.02
2033	C\$875,696.04		C\$305,011.91	C\$1,180,707.95
2034	C\$880,074.52		C\$311,501.52	C\$1,191,576.04
2035	C\$884,474.90		C\$324,480.75	C\$1,208,955.65
2036	C\$888,897.27		C\$343,949.60	C\$1,232,846.86
2037	C\$893,341.76		C\$350,439.21	C\$1,243,780.97
2038	C\$897,808.46		C\$369,908.06	C\$1,267,716.52
2039	C\$902,297.51		C\$376,397.67	C\$1,278,695.18
2040	C\$906,808.99		C\$402,356.13	C\$1,309,165.12
2041	C\$911,343.04		C\$408,845.75	C\$1,320,188.78
2042	C\$915,899.75		C\$428,314.59	C\$1,344,214.34
2043	C\$920,479.25		C\$447,783.44	C\$1,368,262.69
2044	C\$925,081.65		C\$467,252.28	C\$1,392,333.93

Fuente: Elaboración propia

9.3. Flujo neto de efectivo sin financiamiento

El flujo de caja del proyecto considera la inversión, el costo de operación y mantenimiento de la obra y los beneficios e ingresos que el proyecto genera.

Por lo tanto, el flujo neto de efectivo será.

Cuadro 29: Flujo neto de efectivo

No.	Año	Beneficios	Costos	FNE
0	2024		C\$ 8,380,680.33	-C\$ 8,380,680.33
1	2025	C\$ 1,361,752.05		C\$ 1,361,752.05
2	2026	C\$ 1,072,787.11		C\$ 1,072,787.11
3	2027	C\$ 1,089,994.59		C\$ 1,089,994.59
4	2028	C\$ 1,100,733.60		C\$ 1,100,733.60
5	2029	C\$ 1,117,983.48	C\$ 286,331.30	C\$ 831,652.17
6	2030	C\$ 1,128,765.08		C\$ 1,128,765.08
7	2031	C\$ 1,146,057.77		C\$ 1,146,057.77
8	2032	C\$ 1,163,372.02		C\$ 1,163,372.02
9	2033	C\$ 1,180,707.95		C\$ 1,180,707.95
10	2034	C\$ 1,191,576.04	C\$ 286,331.30	C\$ 905,244.74
11	2035	C\$ 1,208,955.65		C\$ 1,208,955.65
12	2036	C\$ 1,232,846.86		C\$ 1,232,846.86
13	2037	C\$ 1,243,780.97		C\$ 1,243,780.97
14	2038	C\$ 1,267,716.52		C\$ 1,267,716.52
15	2039	C\$ 1,278,695.18	C\$ 859,853.77	C\$ 418,841.41
16	2040	C\$ 1,309,165.12		C\$ 1,309,165.12
17	2041	C\$ 1,320,188.78		C\$ 1,320,188.78
18	2042	C\$ 1,344,214.34		C\$ 1,344,214.34
19	2043	C\$ 1,368,262.69		C\$ 1,368,262.69
20	2044	C\$ 1,392,333.93	C\$ 286,331.30	C\$ 1,106,002.63

Fuente: Elaboración propia

9.4. Evaluación económica del proyecto

Con el propósito de verificar si es conveniente o no realizar un proyecto de inversión es que se lleva a cabo esta evaluación. Para lograrlo, es necesario no solo identificar, cuantificar y valorar sus costos y beneficios, sino también contar con criterios para poder comparar de manera coherente diferentes proyectos.

Asimismo, esta evaluación se efectúa considerando el análisis beneficio/costo. Este análisis implica comparar de forma sistemática todos los costos inherentes con una determinada acción y el valor de los bienes, servicios o actividades resultantes de dicho proceder.

La finalidad primordial de esta comparativa es examinar detalladamente las ventajas de una propuesta de plan de acción, usualmente una inversión específica, considerando la alternativa de elegir otros planes. Para efectuar estas comparaciones, es necesario que el proyectista estandarice todas las opciones a un mismo criterio común que pueda ser medido de manera objetiva.

9.4.1. Valor actual neto económico (VANE)

Una inversión se vuelve rentable únicamente si el valor actual del flujo de beneficios es superior al flujo actualizado de los costos, considerando la aplicación de una tasa de descuento apropiada. Es decir, la inversión resulta provechosa solo si el valor actual neto es mayor que cero.

Para obtener el valor actual neto se utiliza la siguiente formula:

Ecuación 8: Valor actual neto económico

$$VANE = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{V_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

V_i = Flujo de monto

i = año correspondiente a la vida del proyecto

r = tasa social de descuento

El criterio de aceptación se basa en que el flujo descontado de beneficios sea mayor al flujo descontado de los costos.

Si $VANE > 0$, se acepta

Si $VANE = 0$, indiferente

Si $VANE < 0$, se rechaza

Al emplear una tasa social de descuento del 8% que es la recomendada por el Sistema Nacional de Inversiones Públicas (SNIP) para la evaluación proyectos sociales, se obtiene que el VANE del proyecto es de:

Cuadro 30: Valor actual neto económico

Tasa de descuento	8%
VANE	C\$19,478,891.48

Fuente: Elaboración propia

Usando la ecuación 8 se observa que el VANE es mayor a 0, por lo tanto, se cumple con el criterio establecido.

9.4.2. Tasa interna de retorno económico (TIRE)

La tasa interna de retorno, es aquella que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos. En otras palabras, es aquella tasa de descuento que al ser aplicada a un flujo de beneficios netos hace que el beneficio al año cero sea exactamente igual a cero.

Es recomendable llevar a cabo la inversión cuando la tasa social de descuento es inferior que la tasa interna de retorno.

Se define por la siguiente formula:

Ecuación 9: Tasa interna de retorno económica

$$VABN = 0 = \sum_{i=0}^n \frac{BN_i}{(1 + \rho)^i}$$

Donde:

BN_t = Flujo de caja en el período n

ρ = Tasa Interna de Retorno Económica

n = período

Los criterios de decisión para la tasa interna de retorno económica son:

Si TIRE > TSD, se acepta

Si TIRE = TSD, indiferente

Si TIRE < TSD, se rechaza

Tomando en cuenta los criterios de decisión, se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 31: Tasa interna de retorno económica

TIRE	12%
-------------	-----

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la TIRE es mayor que la TSD, por lo tanto, el proyecto se acepta.

9.4.3. Relación beneficio/costo (R B/C)

Se debe realizar la inversión solo si la razón entre beneficios y costos es mayor a uno, es decir, solo si los beneficios superan a los costos. Por ende, esta permite determinar si vale la pena invertir o no.

Viene dada por la siguiente fórmula:

Ecuación 10: Relación beneficio-costo

$$R \frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios del proyecto}}{\text{Costos del proyecto}}$$

El criterio de decisión es el siguiente:

Si $R B/C > 1$, se acepta

Si $R B/C = 1$, indiferente

Si $R B/C < 1$, se rechaza

Se obtuvo:

Cuadro 32: Relación beneficio/costo

R B/C	2.43
-------	------

Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor de la relación beneficio-costo es de 2.43, cumple con el criterio establecido de ser mayor que la unidad y por lo tanto se puede ejecutar el proyecto.

10. EVALUACIÓN AMBIENTAL

Para este proyecto se realizará un estudio de impacto ambiental cuya finalidad es garantizar una adecuada y fundamentada predicción, e interpretación de los impactos ambientales positivos y negativos presentes durante el transcurso de preparación, diseño y ejecución del mismo.

Este procedimiento nos brindará la capacidad de anticipar los efectos ambientales que podrían surgir a lo largo del proyecto y evaluarlos de tal forma que nos permita juzgar la idoneidad de la obra y poder llevar adelante en las mejores condiciones posibles de sostenibilidad ambiental.

Se identificarán posibles impactos, tanto positivos como negativos de cada etapa por la que pasará la obra al momento de su ejecución, al igual que se realizará una evaluación la cual nos permitirá crear un análisis de la situación, el cual determinará las medidas más efectivas para poder prevenir, controlar, mitigar y compensar los posibles impactos ambientales negativos.

Se definirá como área de influencia el barrio La Mascota, ubicado en el municipio de Diriamba, departamento de Carazo.

10.1. Matriz causa y efectos de impactos

La evaluación ambiental en los proyectos de obras civiles, es un aspecto crucial en el desarrollo de estos mismos y en la toma de decisiones en relación al ecosistema de la zona en la que se va a llevar a cabo el proyecto. Una herramienta esencial para llevar a cabo este análisis es la Matriz de Leopold, también conocida como Matriz Causa y Efecto, esta proporciona una estructura y un enfoque sistemático para evaluar los posibles impactos ambientales y tomar medidas de mitigación al respecto. Esta nos ayudara a analizar, clasificar y valorar los impactos ambientales de las etapas a lo largo que se desarrollara el proyecto.

En los siguientes cuadros se detallan los impactos positivos y negativos del proyecto.

Cuadro 33: Situaciones negativas por componentes ambientales

Situaciones negativas por componentes ambientales	
Componentes ambientales	Estado actual
Salud	La salud de los pobladores se ha visto deteriorada debido a problemas respiratorios producidos por los altos volúmenes de tierra suelta debido al mal estado de la vía de acceso al barrio La Mascota, de igual forma se presentan enfermedades de transmisión por mosquitos como dengue.
Calidad de vida	La calidad de vida es relativamente normal debido a que cuentan con energía eléctrica, sin embargo, el servicio de agua potable es escaso y el acceso al barrio se dificulta debido al mal estado de la vía.
Transporte	La entrada al barrio La Mascota se ve sumamente afectada, debido al mal estado en el que se encuentra la única vía de acceso, el cual es un camino de tierra suelta, que posee una topografía sumamente irregular dificultando el paso de vehículos de 4 ruedas.
Análisis y vulnerabilidad del asentamiento	Toda la zona en estudio se ve afectada al no contar con una buena vía de acceso lo que dificulta llegar a sus viviendas.
Economía	Los pobladores de la zona a pesar de que la mayoría cuenta con trabajos fijos o con pequeñas pulperías, son pobladores de bajos recursos.
Acueducto y alcantarillado	Al no contar con servicios de alcantarillado pluvial en temporadas de lluvia el agua se estanca a lo largo del tramo de estudio lo que ocasiona la propagación de enfermedades.
Geología y geomorfología	El tramo en estudio presenta una topografía irregular con pendientes elevadas lo que dificulta el acceso Al sitio.
Hidrología superficial e hidrogeología	En el tramo en estudio se acumulan las aguas pluviales de la zona.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34: Situaciones positivas por componentes ambientales

Situaciones positivas por componentes ambientales	
Componentes ambientales	Estado actual
Salud	La zona en estudio cuenta con temperaturas de entre los 19° a los 30° lo que disminuye los problemas de presión, cardíacos y golpes de calor.
Calidad del aire	La calidad del aire en el barrio La Mascota ronda en los 21 ICA por lo que es considerada buena al igual que la calidad de sonido.
Suelos	El suelo en la zona de estudio presenta unas características de buena calidad para material selecto.
Hábitat	Los habitantes de la zona en estudio cuentan con la disponibilidad de servicios básicos como luz eléctrica, agua potable, servicios sanitarios, entre otros.
Paisaje urbano	El paisaje urbano de la zona es de tipo natural con clima fresco.
Equipamiento de servicio	El barrio La Mascota presenta el apoyo de diferentes instituciones gubernamentales como ENACAL, DISNORTE-DISSUR Y MINSA.
Fuentes energéticas	La compañía eléctrica DISNORTE-DISSUR es la que proporciona el servicio de luz eléctrica a la mayoría de los pobladores de la zona en estudio.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente matriz se detallan los factores afectados negativamente del ecosistema que forma parte del medio ambiente del barrio La Mascota, ubicado en el municipio de Diriamba. El factor que se vea afectado por la etapa del proyecto a realizar se marcara con una “X”.

Cuadro 35: Matriz causa y efectos de impactos negativos

Estudio de impacto ambiental del proyecto construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota, municipio de Diriamba								
Matriz causa-efecto de impactos negativos								
Factores del medio afectados por el proyecto		Etapa: construcción						
		Acciones impactantes del proyecto						
		Preliminares	Movilización y desmovilización	Movimiento de tierra	Carpeta de rodamiento	Cunetas andenes y bordillos	Señalización horizontal y vertical	Limpieza y entrega
Factor	Cod	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Calidad del aire	M2	x	x	x	x			x
Ruidos y vibraciones	M3	x	x	x	x	x		
Geología y geomorfología	M4	x	x	x	x	x		
Suelo	M6			x	x			
Vegetación	M7	x	x	x		x		
Paisaje	M9		x	x				
Transporte	M12	x	x	x	x		x	x
Hábitat humano	M16				x			
Salud	M21		x	x				
Calidad de vida	M22		x	x				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la etapa “**Movimiento de tierra**” es la que tiende a generar más afectaciones a los factores de medio de la zona en estudio, esto debido a que en su ejecución se trabaja con maquinaria pesada y con altos volúmenes de material selecto que tienden a esparcir partículas de polvo, lo que afecta factores como la calidad del aire. De igual forma, produce ruidos y vibraciones, afecta el suelo y la vegetación existente en el sitio.

Se puede considerar que los movimientos de tierra lleguen a ser de carácter crítico por lo que su realización afecta considerablemente la mayoría de los factores ambientales presentes en la zona en estudio.

A continuación, en la siguiente matriz se detallan los factores afectados positivamente del ecosistema que forma parte del medio ambiente del barrio La Mascota, ubicado en el municipio de Diriamba, tras la realización del proyecto. El factor que se vea afectado por la etapa del proyecto a realizar se marcara con una “X”.

Cuadro 36: Matriz causa y efectos de impactos positivos

Estudio de impacto ambiental del proyecto construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota, municipio de Diriamba								
Matriz causa-efecto de impactos positivos								
Factores del medio afectados por el proyecto		Etapa: construcción						
		Acciones impactantes del proyecto						
		Preliminares	Movilización y desmovilización	Movimiento de tierra	Carpeta de rodamiento	Cunetas andenes y bordillos	Señalización horizontal y vertical	Limpieza y entrega
Factor	Cod	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Calidad del aire	M2				x	x		x
Suelo	M6	x		x	x			
Transporte	M12							x
Hábitat humano	M16				x	x	x	x
Espacios públicos	M17							x
Paisaje urbano	M18						x	x
Equipamiento de servicio	M19					x	x	
Salud	M21				x	x		x
Economía	M25				x		x	x
Fuentes energéticas	M27							x

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en el cuadro anterior, se puede observar como la etapa “**Limpieza y entrega**” genera más impactos positivos en el desarrollo de la obra. Esto debido a que, tras la realización del proyecto al tener una vía adoquinada, los problemas respiratorios y de mosquitos cesaran, se tendrá un acceso rápido al nuevo hospital departamental de Carazo y aumentará la economía de la zona en estudio.

10.2. Matriz de valoración de impactos

La Matriz de Impacto Ambiental es el método analítico por el cual se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un proyecto en todas y cada una de sus etapas. De esta manera se cuantifican las alteraciones definidas en las matrices de causa y efecto para poder evaluar la importancia del impacto de cada etapa antes, luego y durante la duración del proyecto.

La metodología que se utilizará es la descrita en el libro Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Vítora, 2010).

Ecuación 11: Importancia de un impacto ambiental

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)$$

Dónde:

$\pm$ = Naturaleza del impacto.

I = Importancia del impacto.

IN = Intensidad o grado probable de destrucción.

EX = Extensión o área de influencia del impacto.

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto.

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto.

RV = Reversibilidad.

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo.

PB = Probabilidad o certidumbre de aparición.

EF = Efecto (tipo directo o indirecto).

PR = Periodicidad.

PS = Percepción social o grado de percepción del impacto por la población.

El desarrollo de la ecuación de (I) es llevado a cabo mediante el modelo propuesto en el siguiente cuadro.

Cuadro 37: Importancia del impacto

Naturaleza	Beneficioso	+	Intensidad (IN)	Baja	1
				Media	2
				Alta	4
	Perjudicial	-		Muy Alta	8
				Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1	Momento (MO)	Largo plazo	1
	Parcial	2		Medio plazo	2
	Extenso	4		Inmediato	4
	Total	8			
	Critica	12			
Persistencia (PE)	Fugaz	1	Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1
	Temporal	2		Medio plazo	2
	Permanente	4		Irreversible	4
Probabilidad (PB)	Improbable	1	Acumulación (AC)	Simple	1
	Dudoso	2		Sinérgico	2
	Cierto	4		Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto	1	Periodicidad (PR)	Irregular	1
	Directo	4		Periódico	2
				Continuo	4
Percepción social (PS)	Mínima	1			
	Media	2			
	Alta	4			
	Máxima	8			
	Total	12			

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Vítora, 2010)

En función de este modelo, los valores extremos de la Importancia (I) pueden variar. El criterio es el siguiente.

Cuadro 38: Calificación del impacto

Valor I	Calificación	Significado
$I < 25$	Bajo	La afectación del mismo es irrelevante en la comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión.
$25 \leq I < 50$	Moderado	La afectación del mismo no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
$50 \leq I < 75$	Severo	La afectación de este exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un período prolongado.
$I \geq 75$	Crítico	La afectación del mismo es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posible recuperación alguna.

Fuente: *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental* (Vítora, 2010)

Los valores con signo positivo se consideran como un impacto negativo nulo o impacto beneficioso.

A continuación, se expone el significado de los conceptos que influyen en la importancia del impacto:

Signo: El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad: Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El baremo de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.

Extensión: Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.

Momento: El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_i) sobre el factor del medio considerado.

Persistencia: Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

Reversibilidad: Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del Proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

Probabilidad: Se refiere a la certidumbre de aparición del efecto.

Acumulación: Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Efecto: Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Periodicidad: La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

Percepción social: Se refiere al grado de percepción que posee el efecto frente al ojo público.

La importancia del impacto tiene un valor máximo de cien e indica el grado de alteración producida por un impacto ambiental, sean tanto positivo o negativo.

Es por esta razón que para determinar el impacto total se hace necesario la elaboración de dos matrices separadas que contienen los impactos positivos y negativos generados por el proyecto.

Cuadro 39: Matriz de valoración de impactos negativos

Estudio de impacto ambiental del proyecto: Construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota																											
Matriz para la valoración de impactos negativos																											
Impactos	Valores de los atributos de impactos																										
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12										
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal										
	Naturaleza		Intensidad (grado de destrucción)					Extensión (Área de influencia)			Momento (plazo de manifestación)		Persistencia (permanencia del efecto)		Reversibilidad (recuperabilidad)		Acumulación (incremento progresivo)		Probabilidad (certidumbre de aparición)		Efecto (relación causa efecto)		Periodicidad (regularidad de manifestación)		Percepción social (grado de percepción del impacto por la población)		Importancia [I= - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PS)]
Signo		IN					EX			MO		PR		RV		AC		PB		EF		PR		PS		S	S
C1-M2	(-)	1					1			4		1		1		1		4		1		1		1		-19	-100
C1-M3	(-)	1					1			4		1		1		1		4		1		1		1		-19	-100
C1-M4	(-)	1					1			4		4		4		2		4		1		4		2		-30	-100
C1-M7	(-)	2					1			4		4		2		2		4		1		4		2		-31	-100
C1-M12	(-)	2					2			4		2		2		2		4		1		2		2		-29	-100
C2-M2	(-)	2					1			4		2		2		2		4		1		2		4		-29	-100
C2-M3	(-)	2					2			4		1		1		1		4		1		2		2		-26	-100
C2-M4	(-)	1					1			4		2		2		2		2		1		4		2		-24	-100
C2-M7	(-)	1					1			4		1		2		2		2		1		1		1		-19	-100
C2-M9	(-)	1					2			4		2		2		2		1		1		4		1		-24	-100
C2-M12	(-)	2					2			4		2		2		2		4		1		2		2		-29	-100
C2-M21	(-)	1					1			1		2		1		1		1		4		1		1		-17	-100
C2-M22	(-)	2					2			4		2		1		2		1		4		2		2		-28	-100
C3-M2	(-)	8					8			4		2		2		4		4		1		4		12		-73	-100
C3-M3	(-)	8					4			4		2		2		4		4		1		4		4		-57	-100
C3-M4	(-)	8					1			4		4		4		4		4		1		4		2		-53	-100
C3-M6	(-)	4					4			4		4		4		1		4		1		4		2		-44	-100
C3-M7	(-)	12					4			4		4		2		4		4		1		4		4		-71	-100
C3-M9	(-)	8					4			4		2		2		2		4		1		4		4		-55	-100
C3-M12	(-)	8					2			4		2		2		2		2		4		2		4		-50	-100
C3-M21	(-)	12					8			4		2		2		4		4		4		1		4		-77	-100
C3-M22	(-)	8					4			4		2		2		2		4		4		2		4		-56	-100
C4-M2	(-)	4					4			4		1		1		2		4		1		2		4		-39	-100
C4-M3	(-)	1					4			4		1		1		1		1		1		1		1		-22	-100
C4-M4	(-)	1					1			1		1		1		1		1		4		1		1		-16	-100
C4-M6	(-)	1					1			1		1		1		1		1		4		1		1		-16	-100
C4-M12	(-)	2					2			4		2		2		4		4		1		1		2		-30	-100
C4-M16	(-)	1					1			1		1		1		1		2		4		1		2		-18	-100
C5-M3	(-)	4					2			4		2		1		4		4		1		4		2		-38	-100
C5-M4	(-)	1					1			4		1		1		1		1		1		1		1		-16	-100
C5-M7	(-)	1					1			4		1		1		1		1		1		1		1		-16	-100
C6-M12	(-)	1					1			4		1		1		1		1		1		1		1		-16	-100
C7-M2	(-)	4					2			4		1		1		2		4		1		4		2		-35	-100
C7-M12	(-)	1					2			4		1		1		1		4		1		4		2		-25	-100

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 40: Matriz de valoración de impactos positivos

Estudio de impacto ambiental del proyecto: Construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota																																																										
Matriz para la valoración de impactos positivos																																																										
Impactos	Valores de los atributos de impactos																																																									
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	8	12	RV																
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Probable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total	Importancia [I= - (3IN + 2EX + MO + PE + RV) + AC + PB + EF + PR + PS]]	Valor Máximo de Importancia																				
	Naturaleza	Intensidad (grado de destrucción)					Extensión (Area de influencia)					Momento (plazo de manifestación)					Persistencia (permanencia del efecto)					Reversibilidad (recuperabilidad)					Acumulación (incremento progresivo)					Probabilidad (certidumbre de aparición)					Efecto (relación causa efecto)					Periodicidad (regularidad de manifestación)					Percepción social (grado de percepción del impacto por la población)											
	Signo	IN					EX					MO					PR					RV					AC					PB					EF					PR					PS					S	S					
C1-P6	(+)	4					1					4					4					1					1					4					1					4					4					37	100					
C3-P6	(+)	4					1					4					2					4					2					1					1					2					4					34	100					
C4-P2	(+)	2					4					2					4					4					4					4					1					4					4					41	100					
C4-P6	(+)	2					2					2					4					4					1					2					1					2					2					28	100					
C4-P16	(+)	12					12					1					4					4					4					4					4					1					4					12					94	100
C4-P21	(+)	12					12					2					4					4					4					4					1					4					12					95	100					
C4-P25	(+)	12					12					1					4					4					4					4					4					4					12					97	100					
C5-P2	(+)	2					4					2					4					4					4					4					4					4					2					42	100					
C5-P16	(+)	12					8					1					4					4					4					4					1					4					12					86	100					
C5-P19	(+)	2					4					4					4					4					4					4					4					4					12					54	100					
C5-P21	(+)	8					8					2					4					4					4					4					4					4					12					78	100					
C6-P16	(+)	2					4					2					2					2					2					2					4					4					8					40	100					
C6-P18	(+)	4					8					4					4					4					2					4					4					4					8					62	100					
C6-P19	(+)	4					8					4					4					4					1					4					1					4					4					54	100					
C6-P25	(+)	4					4					1					4					4					2					4					4					4					2					45	100					
C7-P2	(+)	4					2					4					2					2					2					4					1					2					12					45	100					
C7-P12	(+)	10					12					4					4					4					4					4					4					4					12					94	100					
C7-P16	(+)	12					12					4					4					4					2					4					4					4					12					98	100					
C7-P17	(+)	12					12					4					4					4					2					4					4					4					12					98	100					
C7-P18	(+)	10					12					4					4					4					4					4					4					4					12					94	100					
C7-P21	(+)	8					8					4					4					2					2					4					1					4					12					73	100					
C7-P25	(+)	8					8					4					2					4					4					4					1					4					12					75	100					
C7-P27	(+)	12					12					4					4					4					2					4					1					4					12					95	100					

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las matrices de valoración de impactos negativos, las actividades que más afectan sobre el ambiente son aquellas relacionadas con el Movimiento de tierra. Estas influyen en la calidad del aire, la generación de ruidos y vibraciones, la geología y geomorfología, la vegetación, el paisaje, el transporte, la salud y la calidad de vida.

Calidad de aire (C3-M2): Durante esta etapa se emplea maquinaria pesada que afecta la integridad del suelo, provocando la emisión de polvo en gran cantidad. Para contrarrestar esta situación, se propone la implementación de camiones cisterna que humedezcan el terreno para mitigar la tolvanera.

Ruidos y vibraciones (C3-M3): El ruido generado por las máquinas de construcción se pueden ver reducidos teniendo las mismas en óptimas condiciones y proporcionar equipo de protección a las personas que se encuentren en la zona.

Geología y geomorfología (C3-M4): Al momento de hacer cortes y rellenos en el suelo, la topografía sufrirá cambios significativos. A pesar de ello, el diseño general de la vía no se verá afectado, por lo que se respetarán los estándares de calidad de suelo, utilizando material selecto con las propiedades adecuadas.

Vegetación (C3-M7): Para la correcta ejecución del proyecto, será necesario remover árboles y otra vegetación presente en el área. Según la Resolución Administrativa No.DE-68-2011 del Instituto Nacional Forestal (INAFOR), para recuperar los mismos se plantará 10 veces lo que fue removido, distribuyéndola a lo largo de la vía una vez culminada la obra.

Paisaje (C3-M9): Con la llegada al barrio de maquinarias y obras relacionadas, se verá afectado el paisaje natural y la tranquilidad del mismo. Una vez concluido el proyecto, se prevé que el entorno adquiriera un aspecto más urbano con las mejoras realizadas.

Salud (C3-M21): Los problemas de salud predominantes serán de naturaleza respiratoria, ya que las diversas actividades asociadas al Movimiento de tierra generan una considerable cantidad de partículas de polvo en el aire, lo que tendrá una repercusión negativa en la salud de los pobladores. Por lo que se planea implementar camiones cisterna para regar el terreno y reducir la cantidad de polvo en el aire, además de proporcionar mascarillas a los habitantes del área.

Calidad de vida (C3-M22): Tal como se ha mencionado anteriormente, la calidad de vida se verá mermada por factores como: la calidad del aire, ruidos, vibraciones, salud, entre otras. Esto se solucionará con las medidas de mitigación expuestas previamente, de modo que la vida de los habitantes no se vea mayormente afectada.

10.3. Matriz de importancia de impactos

Una vez se hayan identificado las acciones y los factores del medio que se verán impactados por aquellas, la matriz de importancia nos permitirá obtener una valoración cualitativa entre los elementos ambientales contemplados. Esta se realiza con el objetivo de determinar el nivel de influencia de cada etapa de la obra, a su vez se clasifican en impactos: críticos, moderados o irrelevantes.

Un impacto se considera crítico si su valor es superior al del rango de discriminación, moderado si el valor se sitúa dentro de dicho rango, e irrelevante si el valor queda por debajo del mismo.

A continuación, se muestran las matrices de importancia de impactos positivos y negativos.

Cuadro 41: Matriz de importancia de impactos negativos

Estudio de impacto ambiental del proyecto construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota, municipio de Diriamba											
Matriz importancia de impactos negativos											
		Etapa: construcción									
		Acciones impactantes del proyecto									
		Preliminares	Movilización y desmovilización	Movimiento de tierra	Carpeta de rodamiento	Cunetas andenes y bordillos	Señalización horizontal y vertical	Limpieza y entrega	Valor de la alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de alteración
Factor	Cod	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7			
Calidad del aire	M2	19	29	73	39			35	195	500	39
Ruidos y vibraciones	M3	19	26	57	22	38			162	500	32
Geología y geomorfología	M4	30	24	53	16	16			139	500	28
Suelo	M6			44	16				60	200	30
Vegetación	M7	31	19	71		16			137	400	34
Paisaje	M9		24	55					79	200	40
Transporte	M12	29	29	50	30		16	25	154	600	26
Hábitat	M16				18				18	100	18
Salud	M21		17	77					94	200	47
Calidad de vida	M22		28	56					84	200	42
Valor Medio de Importancia		34									
Dispersión Típica		18									
Rango de Discriminación		16						52			
Valor de la Alteración		128	196	536	141	70	16	60	1122		
Máximo Valor de Alteración		500	800	900	600	300	100	200		3400	
Grado de Alteración		26	25	60	24	23	16	30			33

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 42: Matriz de importancia de impactos positivos

Estudio de impacto ambiental del proyecto construcción de 540 metros de adoquinado en el barrio La Mascota, municipio de Diriamba											
Matriz importancia de impactos positivos											
Etapa: construcción											
Acciones impactantes del proyecto											
Factor	Cod	Preliminares	Movilización y desmovilización	Movimiento de tierra	Carpeta de rodamiento	Cunetas andenes y bordillos	Señalización horizontal y vertical	Limpieza y entrega	Valor de la alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de alteración
Calidad del aire	M2				41	42		45	128	300	43
Suelo	M6	37		34	28				99	300	33
Transporte	M12							94	94	100	94
Hábitat	M16				94	86	40	98	318	400	80
Espacios públicos	M17							98	98	100	98
Paisaje urbano	M18						62	94	156	200	78
Equipamiento de servicio	M19					54	54		108	200	54
Salud	M21				95	78		73	246	300	82
Economía	M25				97		45	75	217	300	72
Fuentes energéticas	M27							95	95	100	95
Valor Medio de Importancia					68						
Dispersión Típica					25						
Rango de Discriminación		43						93			
Valor de la Alteración		37		34	355	260	201	672	1559		
Máximo Valor de Alteración		100		100	500	400	400	800		2300	
Grado de Alteración		37		34	71	65	50	84			68

Fuente: Elaboración propia

Después de identificar y cuantificar los impactos ambientales, se obtiene una visión más clara de los posibles efectos del proyecto en el entorno, lo que permite evaluar dichos impactos. A continuación, se presentan los resultados de la evaluación realizada:

Todas las etapas del proyecto generan un impacto negativo, pero en comparación, la actividad que genera un impacto negativo más significativo al resto es la de Movimiento de tierra, esto se debe al uso de maquinaria pesada y el desplazamiento de grandes cantidades de material, que como se ha venido mencionando, producen cambios en la calidad de vida de las personas y su entorno.

Si bien existe un numero amplio de factores ambientales, los más afectados son la calidad del aire, vegetación y salud.

A pesar de todo, el proyecto tendrá efectos positivos en varios aspectos del entorno, especialmente en lo social y lo ambiental, como la mejora del hábitat y la manera en la que se transportan las personas de la zona. Otro aspecto que se verá beneficiado es el paisaje urbano, que contribuirá a crear un ambiente más agradable para la comunidad.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

- Se logró constatar que existe una demanda del proyecto, se establecieron los requerimientos técnicos, se analizaron los indicadores económicos de rentabilidad y se llevó a cabo una evaluación ambiental.
- En el diagnóstico de la situación actual se identificaron las necesidades de la población y se determinó el estado de la vía existente. La demanda de tráfico fue de un TPDA de 2,434 vehículos, principalmente motocicletas y automóviles livianos. Asimismo, se encontró que el estado actual de la vía no es apto para esta demanda.
- En el estudio técnico se determinaron las características técnicas del tramo conforme a normas de diseño vial y se utilizó la demanda proyectada a un período de diseño de 20 años. La carpeta de rodamiento contará con dos carriles, cada uno con un ancho de 3.5 m. La velocidad de diseño para el tramo será de 40 km/h y su clasificación según el volumen de tráfico de Colectora Suburbana.
- Se confirmó la viabilidad económica del proyecto a través de diversos criterios de evaluación. Los resultados muestran un Valor Actual Neto Económico positivo, siendo este de C\$19,478,891.48, una Tasa Interna de Retorno Económica, del 12% y una Relación Beneficio/Costo de 2.43.
- La evaluación ambiental revela que la actividad con mayor impacto negativo en el medio es el Movimiento de tierra, afectando principalmente la calidad del aire y por consiguiente la salud de quienes viven en el sitio. Entre las medidas de mitigación se propone la implementación de camiones cisterna que humedezcan el terreno para contrarrestar la tolvanera, mantener las maquinarias en óptimas condiciones, proporcionar equipo de protección a las personas que se encuentren en la zona, entre otros. No obstante, los impactos positivos en la población al momento de la finalización del proyecto superan el impacto negativo total del mismo.

11.2. Recomendaciones

- Llevar un control detallado de los costos de la obra y de los costos de mantenimiento al ser ejecutado el proyecto.
- Es aconsejable que se realice un estudio de factibilidad del proyecto presente con el objetivo de profundizar y analizar a detalle el cálculo de los beneficios expuestos. Además de poder considerar alternativas que sean sinérgicas con los resultados mostrados, como utilizar una capa de rodamiento diferente o un trazado extendido del tramo.
- El desarrollo de estudios afines al presentado en el documento actual es de suma importancia para poder iniciar el proceso que pone en marcha la construcción de proyectos que brindan un gran beneficio a la sociedad en general y es por esto que se recomienda aumentar la frecuencia de realización de estos para tener un estudio de referencia al momento de considerar la ejecución de un nuevo proyecto.
- Se sugiere la implementación de campañas de concientización dirigidas a la población, con el fin de fomentar el adecuado cuidado de la infraestructura pública. El posible efecto que pueda causar un uso inadecuado de la obra terminada podría incurrir en costos que alteren de forma significativa los beneficios esperados según estudios afines.

Bibliografía

Agudelo Ospina, J. (2002). *Diseño geométrico de vías Ajustado al Manual Colombiano*. Medellín.

Alcaldía Municipal de Diriamba. (2023). *Caracterización socio-económica de la ciudad de Diriamba*. Diriamba.

ArcGIS . (3 de Agosto de 2017). *ArcGIS Online*. Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>

Asamblea Nacional de Nicaragua. (2010). *Ley N°. 730: LEY ESPECIAL PARA EL USO DE BANCOS DE MATERIALES SELECTOS PARA EL APROVECHAMIENTO EN LA INFRAESTRUCTURA*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/60F95AB31B3A7B63062577A5006A0D20?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/60F95AB31B3A7B63062577A5006A0D20?OpenDocument)

Asian Development Bank. (2003). *Road Funds and Road Maintenance*. Manila.

Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de proyectos*. México, D. F.: Mc Graw-Hill.

Banco Central de Nicaragua. (2017). *Cartografía Digital y Censo de Edificaciones - Cabecera Municipal de Diriamba*.

Blanco, I. d. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad urbana del barrio Roberto López de la ciudad de Diriamba*. Managua.

Clinicavdamerica. (s.f.). *Clinicavdamerica.es*. Obtenido de https://www.clinicavdamerica.es/que-es-actividad-de-la-construccion/?expand_article=1

Cohen, E., & Franco, R. (1992). *Evaluación de proyectos sociales*. México, d.f: Siglo ventiuno editores.

Construcciones Vale, S.L. (07 de Marzo de 2023). *Construcciones Vale*. Obtenido de <https://www.construccionesvale.com/en-que-consisten-los-movimientos-de->

tierra_fb81249.html#:~:text=Se%20refieren%20a%20las%20actividades,y%20la%20colocaci%C3%B3n%20de%20rellenos

Córdoba Padilla, M. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos*. Bogotá: ECOE Ediciones.

Ferrovial. (18 de Enero de 2022). *Ferrovial*. Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/partes-de-una-carretera/>

FISE. (2023). *Guía de costos no.16*. Managua.

Fontaine, E. (2008). *Evaluación social de proyectos*. Naucalpan de Juárez: Pearson.

Hernández Granados, W. (2023). *Tipos de bancos de materiales existentes en la zona oriental para la construcción, los estudios geotécnicos realizados en dichos bancos de materiales para clasificar como material selectos*.

INIDE. (2022). *Anuario Estadístico 2021*. Managua.

INIDE. (2024). *Índice de Precios al Consumidor*.

Instituto Mexicano del Transporte. (2007). *Análisis de los sistemas de transporte. Volumen I*. Sanfandila.

INVIASA. (21 de Agosto de 2019). *Inviasa*. Obtenido de <https://inviasa.com/noticias/estudio-geotecnico>

Kelley, J. F. (1981). *Formulating and Justifying Highway Maintenance Budgets*. North Quincy, Massachusetts.

Larios, C. (08 de Julio de 2022). *Noticias TN8*. Obtenido de TN8: <https://www.tn8.tv/uncategorized/diriamba-tendra-nuevo-hospital-departamental/>

McCormac, J. (2006). *Topografía*. Limusa Wiley.

MECD. (2003). *Diagnostico Infraestructura Escolar e Institucional Municipio de Diriamba*.

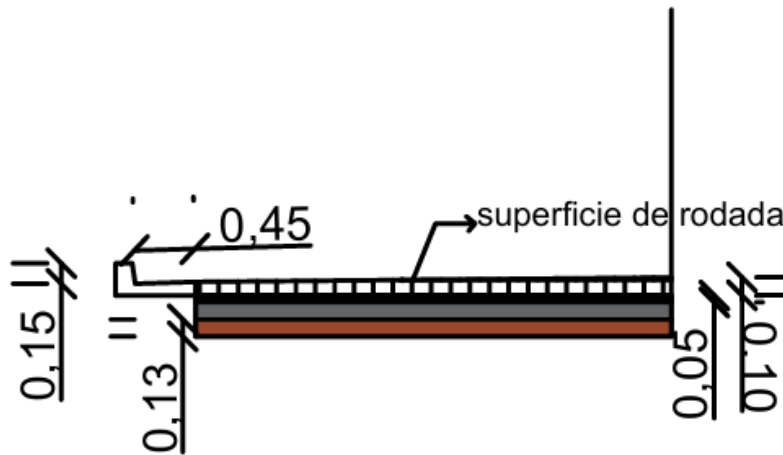
MINSA. (2023). *Mapa Salud Minsa*. Obtenido de <http://mapasalud.minsa.gob.ni/mapa-de-padecimientos-de-salud-municipio-de-diriamba-carazo/>

- Miradas, O. (14 de 12 de 2020). *Agencia Ocote*. Obtenido de Ocote: <https://www.agenciaocote.com/blog/2020/12/14/el-verdadero-costode-la-salud-gratuita-en-nicaragua/>
- Miranda Miranda, J. (2012). *Gestión de proyectos: evaluación financiera, económica, social*. Bogotá: MM editores.
- Mora Salazar, A. (2020). *Análisis Del Congestionamiento Vehicular De La Intersección Avenida 25 De Junio Y Carrera 23 De Abril Del Cantón Machala*. Machala.
- MTI. (2023). *Anuario de Aforos de Tráfico 2022*. Managua.
- NASA. (9 de Septiembre de 2022). *Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2*. Obtenido de <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>
- Orta Amaro, P. (1988). *Tecnología de Construcción de las Explanaciones*. Madrid: Rueda.
- Ortiz, N. (6 de Agosto de 2021). *C-Ingeniería*. Obtenido de <https://www.cingenieria.pe/articulos/el-estudio-del-suelo-para-pavimentos-de-carreteras/>
- Ratner, G. (3 de Octubre de 2018). *Universidad Nacional de Córdoba*. Obtenido de <https://feptgu.eco.catedras.unc.edu.ar/unidad-1-2/que-es-un-proyecto/>
- Rosales Rivera, B. (2005). *Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental*. Managua.
- Saint USA. (20 de Diciembre de 2022). *Saint USA*. Obtenido de Saint USA: <https://us.saint.cc/blogs/journal/what-is-high-mileage-for-a-motorcycle#:~:text=A%20motorcycle%20can%20last%20anywhere,last%20more%20than%2020%2C000%20miles.>
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Bogotá: McGraw-Hill.

- Secretaría de Integración Económica Centroamericana . (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial* .
- Sevilla Arias, A. (15 de Julio de 2014). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Sistema Nacional de Inversión Pública. (2013). *Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial*. Managua.
- Sistema Nacional de Inversión Pública. (2017). *Metodología General para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública*. Managua.
- Structuralia. (27 de agosto de 2021). *blog structuralia*. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/ingenieria-de-proyectos>
- Suarez Salazar, C. (2011). *Costo y tiempo en edificación*. México D.F: LIMUSA.
- The American Mosquito Control Association. (Abril de 2024). Obtenido de American Mosquito Control Association: <https://www.mosquito.org/life-cycle/>
- The New York Times. (18 de Marzo de 2012). *The New York Times*. Obtenido de The New York Times: https://www.nytimes.com/2012/03/18/automobiles/as-cars-are-kept-longer-200000-is-new-100000.html?_r=2&ref=business&pagewanted=all&
- Velayos Morales, V. (15 de Junio de 2014). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Vítora, V. C. (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental - 4ta Edición*. Mundi - Prensa.
- Walter, A. D. (27 de Febrero de 2017). *CivilGeeks*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2017/02/27/ventajas-aplicaciones-pavimentos-articulados-adoquines-concreto/>
- Wiwanitkit, S. Y. (2021). Getting dengue from vector mosquito bite at home: a reappraisal on chance based on molecular epidemiology data in Indochina. *International Journal of Molecular Epidemiology and Genetics*.

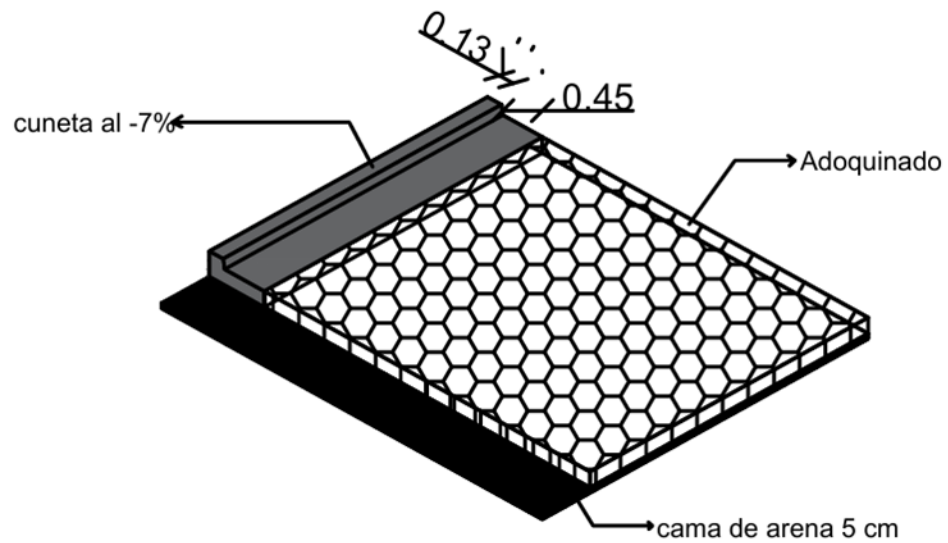
ANEXOS

Anexo 4: Detalles de cuneta



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Vista 3D de la vía



Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Formato de encuestas origen-destino

FECHA		ENCUESTADOR:		CÓDIGO DE LA CARRETERA		Hora:		A.M.P.M				
ESTACIÓN KM:		DIRECCIÓN		LOCALIZACIÓN								
		IDA		RETORNO								
VEHÍCULOS		ORIGEN - VIAJE	DESTINO - VIAJE	FRECUENCIA DE VIAJE	Nº. DE PASAJEROS	CUANTO TIEMPO TARDA A LLEGAR A SU DESTINO (Hrs)		TIPO DE MERCADERÍA	MOTIVO	CAPACIDAD DE CARGA	¿A QUE ACTIVIDAD ECONÓMICA SE DEDICA USTED ACTUALMENTE?	
HORA	1. MOTOS	1. PUEBLO	1. PUEBLO	1. ALTA	INCLUYENDO CONDUCTOR	VERANO	INVIERNO	1. PRODUCTOS DE AGRICULTURA	1. COMERCIO, NEGOCIO	1. CONTENEDOR VACÍO	1. COMERCIO	A CUANTO ASCIENDE SI INGRESO MENSUAL (C\$)
	2. CARRO	2. MUNICIPIO	2. MUNICIPIO	2. MEDIA				2. ANIMALES VIVOS	2. TRABAJO	2. CONTENEDOR LLENO	2. AGRICULTURA	
	3. CAMIONETA	3. DEPARTAMENTO	3. DEPARTAMENTO	3. BAJA				3. ALIMENTOS	3. ESTUDIOS	3. 25% DE CARGA	3. GANADERÍA	
	4. JEEP	4. PAÍS	4. PAÍS					4. ALIMENTO ANIMAL	4. TURISMO	4. 50% DE CARGA	4. TRABAJA POR CUENTA PROPIA	
	5. MICROBUS							5. PRODUCTOS DEL PETRÓLEO	5. RECREACIÓN	5. 75% DE CARGA	5. EMPLEADO PÚBLICO	
	6. BUS							6. METALES	6. SALUD		6. EMPLEADO PRIVADO	
	7. CAMIÓN LIVIANO							7. CEMENTO	7. COMPRAS		7. ESTUDIANTE	
	8. C2							8. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	8. SOCIAL		8. JUBILADO	
	9. C3							9. FERTILIZANTES	9. OTROS (ESPECIFIQUE)		9. AMA DE CASA	
	10. Tx-Sx <= 4							10. PRODUCTOS QUÍMICOS			10. CONDUCTOR	
	11. Tx-Sx >= 5							11. MAQUINARIA INDUSTRIAL			11. OTRO (ESPECIFIQUE)	
	12. Cs-Rx <= 4							12. PRODUCTOS FORESTALES				
	13. Cs-Rx >= 5							13. EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN				
	14. V.A							14. PRODUCTOS MANUFACTURADOS				
	15. V.C							15. LÁCTEOS				
	16. Otros							16. COMBUSTIBLES LUBRICANTES				
				17. OTROS (TIPO)								
am:		1.	1.		CAPACIDAD			OTRO	OTRO		OTRO	
pm:		2.	2.									
		3.	3.									
		4.	4.									
		1.	1.		CAPACIDAD			OTRO	OTRO		OTRO	
		2.	2.									
		3.	3.									
		4.	4.									
		1.	1.		CAPACIDAD			OTRO	OTRO		OTRO	
		2.	2.									
		3.	3.									
		4.	4.									
		1.	1.		CAPACIDAD			OTRO	OTRO		OTRO	
		2.	2.									
		3.	3.									
		4.	4.									

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Factores de expansión del TPDA correspondientes a la estación de mayor cobertura

ESTACIÓN DE MAYOR COBERTURA 200 ENTRADA AL INCAE - EL CRUCERO FACTORES 2022

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	Clase 14	Clase 15
Factor Día	1.32	1.34	1.31	1.30	1.37	1.33	1.00	1.24	1.52	1.38	1.00	1.00	1.32	1.32	1.29
Factor Semana	0.99	0.99	0.98	0.91	0.89	0.92	1.00	0.91	0.98	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.94
Factor Fin de Semana	1.02	1.02	1.06	1.33	1.47	1.27	1.00	1.31	1.06	1.17	1.00	1.00	1.17	1.17	1.20
Factor Expansión a TPDA	1.03	1.02	1.02	1.00	1.06	1.10	1.33	1.05	1.08	1.12	1.00	1.00	1.19	1.19	1.17

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2022

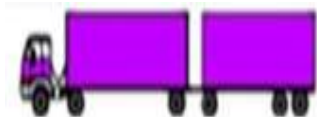
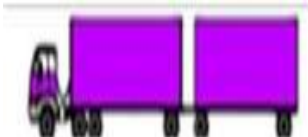
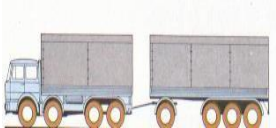
Anexo 8: Esquema de clasificación vehicular por Distancia entre Ejes

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
1	Motos		2	Eje 1-2: 0.00 a 1.83
2	Automóviles y Vehículos con separación de ejes similares a:  Jeeps cabina sencilla  Camionetas  Livianos de carga	     	2	Eje 1-2: 1.83 a 2.71
			3	Eje 1-2: 1.83 a 2.71 Eje 2-3: 1.83 a 7.00
			4	Eje 1-2: 1.83 a 2.71 Eje 2-3: 1.83 a 10.7 Eje 3-4: 0.00 a 0.98

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
3	Camionetas y vehículos con separación de ejes similares a: + Jeeps cabina doble + Microbuses + Paneles medianos		2	Eje 1-2: 2.71 a 3.14
				
				
				
			3	Eje 1-2: 2.71 a 3.14 Eje 2-3: 1.83 a 7.00
			4	Eje 1-2: 2.71 a 3.14 Eje 2-3: 1.83 a 10.7 Eje 3-4: 0.00 a 0.98
4	Minibuses Buses		2	Eje 1-2: 6.10 a 12.2 Eje 1-2: 3.14 a 3.40 Eje 1-2: 5.00 a 5.42
				
			3	Eje 1-2: 7.01 a 12.2 Eje 2-3: 0.00 a 1.83
				

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
5	Camiones de 2 ejes:	 	2	Eje 1-2: 3.40 a 5.0
	Livianos De Carga			Eje 1-2 5.42 a 6.1
	Camiones De Carga C2			
6	Camiones de 3 ejes:	 	3	Eje 1-2: 1.83 a 7.00
	Camiones de Carga C3			Eje 2-3: 0.00 a 1.83
7	Camiones de 4 ejes:	 	4	Eje 1-2: 1.83 a 7.00 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 0.00 a 1.83 Eje 1-2: 1.83 a 7.00 Eje 2-3: 1.83 a 2.74 Eje 3-4: 0.98 a 1.83

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
9	Camiones de 5 ejes similares a: semi articulados Tx-Sx = 5		5	Eje 1-2: 1.83 a 7.92 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 1.83 a 15.2 Eje 4-5: 0.00 a 3.35
				Eje 1-2: 1.83 a 7.92 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 1.83 a 7.00 Eje 4-5: 3.35 a 8.23
10	Camiones de 6 ejes similares a: semi articulados Tx-Sx = 6		6	Eje 1-2: 1.83 a 6.70 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 0.00 a 15.2 Eje 4-5: 0.00 a 3.35 Eje 5-6: 0.00 a 3.35
11	Camiones de 3 ejes con remolque de 2 ejes similares a: Tx-Rx = 5 Cx-Rx=5		5	Eje 1-2: 1.83 a 5.18
				Eje 2-3: 3.35 a 7.62
				Eje 3-4: 1.83 a 5.49
				Eje 4-5: 3.35 a 7.62

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
12	Semiarticulados de 3 ejes con remolque de 2 y 3 ejes similares a: Tx-Rx =6		6	Eje 1-2: 1.83 a 6.70 Eje 2-3: 0.00 a 7.62 AX3-4: 1.83 a 5.49 AX4-5: 3.35 a 7.62 AX5-6: 0.00 a 1.83
			6	AX1-2: 1.83 a 6.70 AX2-3: 0.00 ta 1.83 AX3-4: 0.00 a 7.62 AX4-5: 1.83 a 5.49 AX5-6: 3.35 a 7.62
13	Camiones o vehículos de 7 ejes, sin espacio entre ejes definido		7	
14	Camiones o vehículos de 8 ejes, sin espacio entre ejes definido		8	
15	Predeterminado sin clasificar			

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2022

Anexo 9: Datos históricos poblacionales de Diriamba

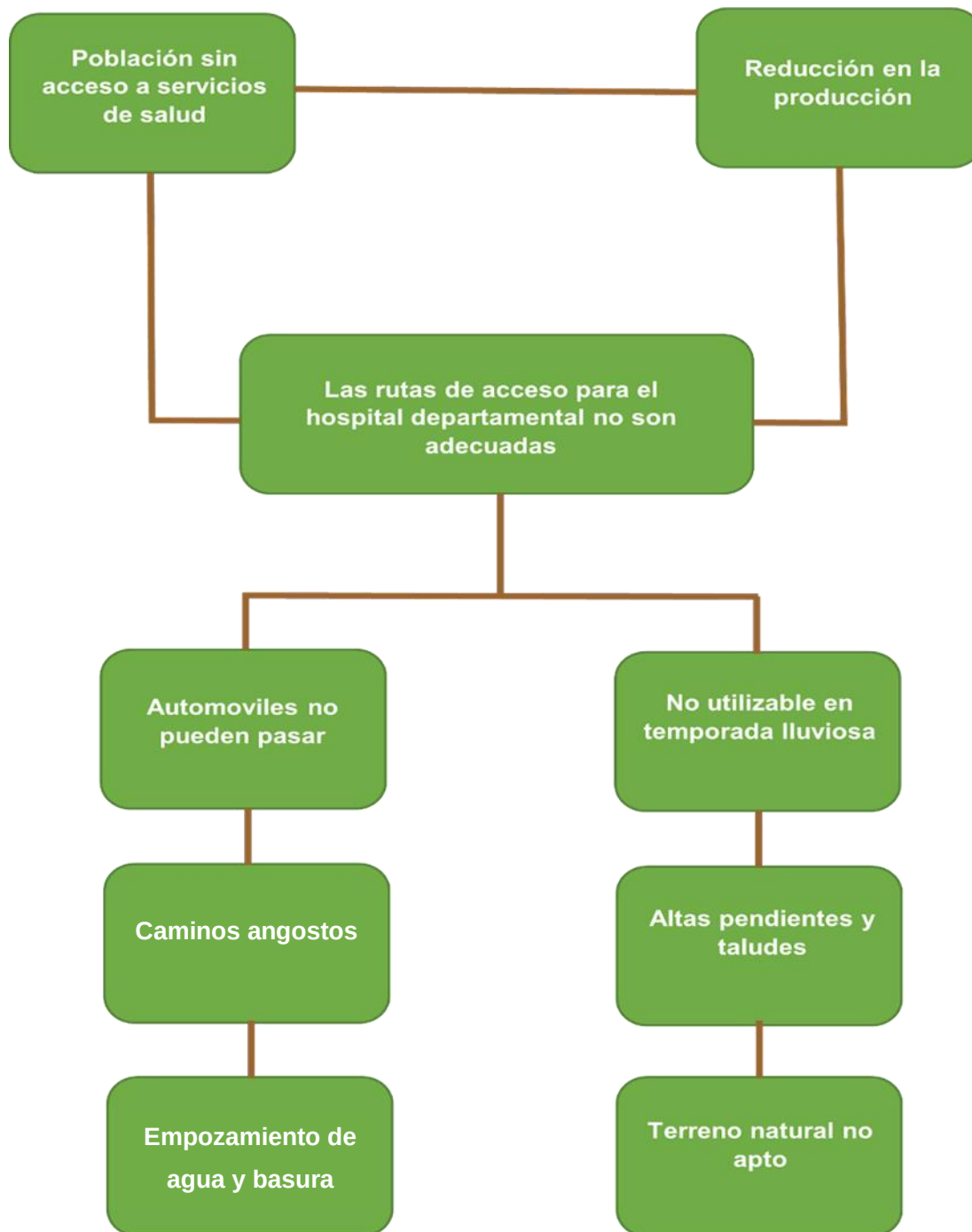
Diriamba en Cifras

CUADRO 7. PROYECCIONES DE POBLACIÓN AL 30 DE JUNIO POR SEXO, SEGÚN AÑO CALENDARIO Y TASA DE CRECIMIENTO. PERIODO 2005 - 2020.

Municipio, Año y Tasa de Crecimiento	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
DIRIAMBA			
2005	59 252	29 262	29 970
2006	59 745	29 505	30 240
2007	60 235	29 725	30 510
2008	60 719	29 941	30 778
2009	61 217	30 163	31 054
2010	61 683	30 369	31 314
2011	62 160	30 582	31 578
2012	62 631	30 791	31 840
2013	63 084	30 995	32 089
2014	63 521	31 192	32 329
2015	63 942	31 381	32 561
2016	64 305	31 559	32 746
2017	64 647	31 732	32 915
2018	64 975	31 904	33 071
2019	65 264	32 051	33 213
2020	65 609	32 197	33 412
Tasa de Crecimiento			
2005 - 2010	0.8	0.7	0.9
2010 - 2015	0.6	0.5	0.6
2015 - 2020	0.5	0.5	0.5

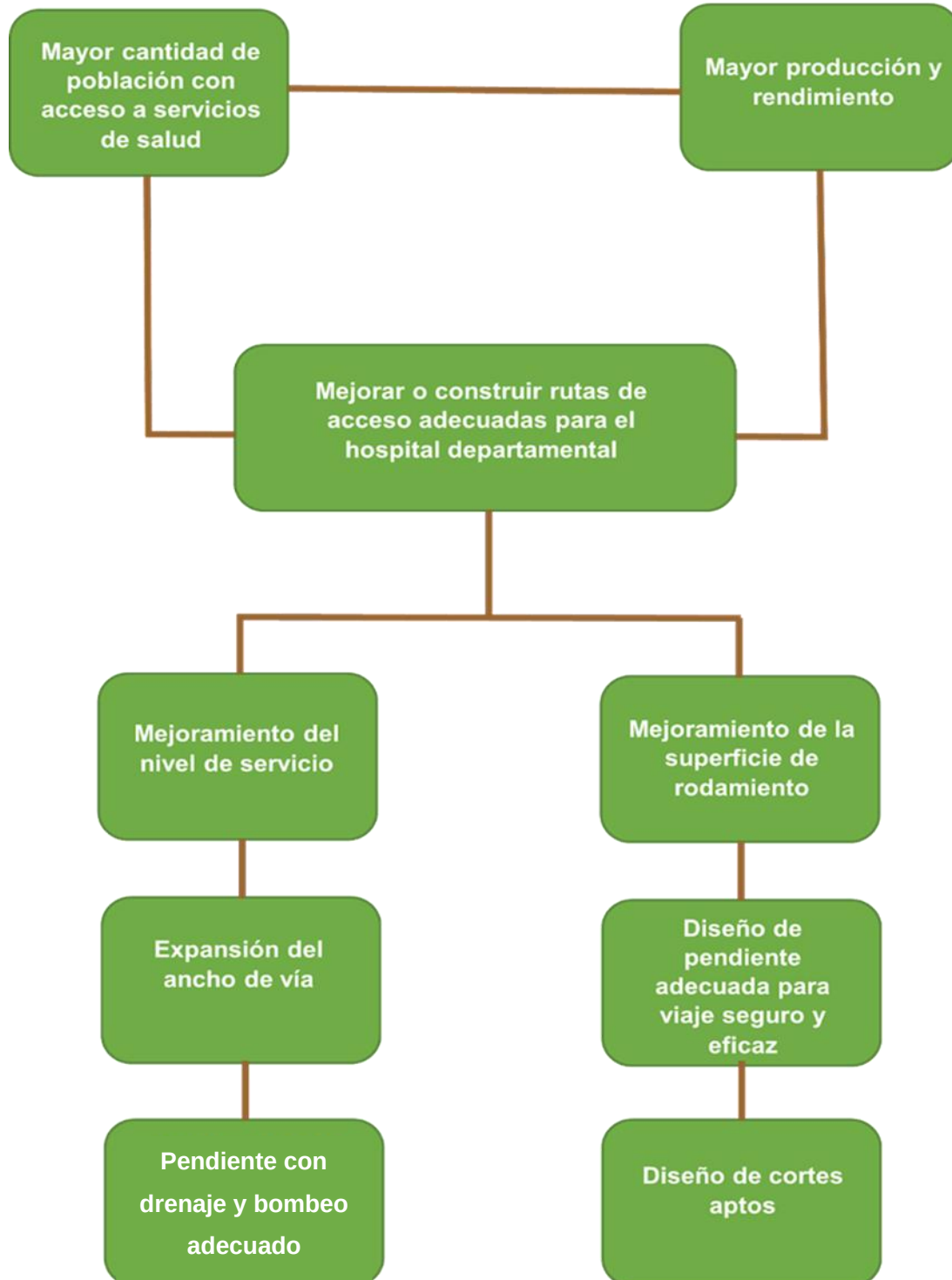
Fuente: Censo de Población y Vivienda 2005

Anexo 10: Árbol de Causas y Efectos



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Árbol de medios y fines



Fuente: Elaboración propia