UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS DE DESARROLLO

Tesis para la obtención del grado de Máster en Gerencia de Proyectos de Desarrollo MGPD

Estudio de prefactibilidad y diseño para el mejoramiento del camino La Paz Carazo - San Pedro – Niquinohomo.

Autor:
Arq. Cintia Elieth Dávila Sequeira.

Tutor:
Prof. Juan Asdrúbal Flores Pacheco, Ph.D.

Managua, Managua, Nicaragua

Noviembre, 2025

AGRADECIMIENTO

A Dios

Por ser mi guía, fortaleza y fuente infinita de sabiduría. Gracias por darme la oportunidad de aprender, crecer, por todas las bendiciones que me envías día a día, por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar mis proyectos de vida.

A mis padres,

Por brindarme su amor incondicional, paciencia y sacrificio, han sido mí fuente de inspiración. Gracias por permanecer siempre a mí lado, su apoyo siempre será para mí inmensurable. Esta tesis es el reflejo de mi alta estima.

A mis hermanos,

Por ser mí sustento y mi refugio cuando las fuerzas flaqueaban.

A la Universidad Nacional de Ingeniería,

Por darme la oportunidad de continuar con mis estudios superiores y contribuir con mí crecimiento profesional.

Y a todos aquellos que, de alguna u otra manera contribuyeron en volver realidad este sueño. Gracias por su confianza.

Arq. Cintia Elieth Dávila Sequeira

DEDICATORIA

Le destino la concepción de este proyecto, el cual es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los participantes de este trabajo. Principalmente, se lo dedico a Dios para brindarme tenacidad y discernimiento para culminar esta tesina, seguidamente agradezco infinitamente a mí asesor de tesis Prof. Juan Asdrúbal Flores Pacheco, por su orientación, además de haber compartido sus conocimientos conmigo, ha sido un valioso aporte a mí investigación. De la misma manera, reitero el interminable reconocimiento a mis padres y demás familiares, quienes me han incentivado a continuar con mi crecimiento profesional.

Arq. Cintia Elieth Dávila Sequeira

RESUMEN

El presente estudio de maestría desarrolla el Estudio de Prefactibilidad y Diseño para el Mejoramiento del Camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo, ejecutado por la firma Dysconcsa en 2025 bajo coordinación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). El proyecto abarca una longitud de 9.18 km y se ubica en una zona de alta interacción productiva y poblacional, con significativas demandas de conectividad vial. Se aplicó una metodología integral basada en estudios especializados en los componentes: topográfico, geotécnico, estructural, hidráulico, tránsito, impacto ambiental y social. El diagnóstico identificó limitaciones críticas en la geometría existente, deterioro de pavimentos, deficiencias en el drenaje pluvial, alta exposición de peatones y ciclistas, así como riesgos de impacto social por interferencias físicas. El análisis evidenció incompatibilidad entre la demanda de tránsito actual y futuro, y la capacidad funcional del camino. La propuesta técnica incorpora el rediseño vial con enfoque de Sistema Seguro, empleando pavimento de concreto hidráulico con losas cortas, obras de drenaje eficiente, señalización preventiva y elementos de seguridad vial. Se integran medidas ambientales y sociales que incluyen compensación justa, accesibilidad universal y participación comunitaria. El costo estimado del proyecto es de C$ 358 millones y se proyectan impactos positivos como la reducción del 35 % en tiempos de viaje, disminución de la siniestralidad, mejora en el acceso a servicios y fortalecimiento de la economía local. Se concluye que el proyecto es técnica, social y ambientalmente viable, recomendando acciones de sostenibilidad y mantenimiento para garantizar sus beneficios a largo plazo.

Palabras claves: Diseño vial, prefactibilidad, seguridad vial, concreto hidráulico, impacto social, gestión ambiental, tránsito rural, sostenibilidad de proyectos, infraestructura territorial, Nicaragua.

ABSTRACT

This master's study presents the Prefeasibility and Design Study for the Improvement of the La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo Road, executed by the consulting firm Dysconcsa in 2025 under the coordination of the Ministry of Transportation and Infrastructure (MTI). The project spans 9.18 km and is in an area of high productive and demographic interaction, with significant demands for road connectivity. An integrated methodology was applied, based on specialized studies in the following components: topographic, geotechnical, structural, hydraulic, traffic, and environmental and social impact. The diagnostic phase identified critical limitations in the existing geometry, pavement deterioration, poor stormwater drainage, high exposure of pedestrians and cyclists, and potential social impacts due to physical interference. The analysis revealed incompatibility between current and projected traffic demand and the functional capacity of the road. The technical proposal includes geometric redesign under the Safe System approach, using short-slab hydraulic concrete pavement, efficient drainage structures, preventive signage, and road safety features. Environmental and social measures include fair compensation, universal accessibility, and community participation. The estimated project cost is C$ 358 million, and positive impacts are projected, such as a 35% reduction in travel time, decreased traffic accidents, improved access to services, and strengthened local economy. It is concluded that the project is technically, socially, and environmentally feasible, recommending sustainability and maintenance actions to ensure long-term benefits.

Keywords: Road design, prefeasibility, road safety, hydraulic concrete, social impact, environmental management, rural traffic, project sustainability, territorial infrastructure, Nicaragua.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO II
DEDICATORIA III
RESUMEN IV
ABSTRACT V
ÍNDICE GENERAL VI
ÍNDICE DE TABLAS XIV
ÍNDICE DE FIGURAS XVIII
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL 1
1. Antecedentes 1
1.1. Antecedentes Nacionales 1
2. Planteamiento del problema 2
3. Objetivos 4
3.1. Objetivo General 4
3.2. Objetivos Específicos 4
4. Justificación 5
4.1. Limitantes y riesgos 7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 8
5. Marco Institucional y Legal 8
6. Estudio de Ingeniería 10
6.1. Georreferenciación y Estudio Topográfico 10
6.1.1. Monumentación de Puntos de Control Base (GPS) 10
6.1.2. Red Secundaria 11
6.2. Levantamiento Topográfico 11
6.3. Monumentación de Línea Base 13
6.4. Nivelación de Puntos de la Línea Base 13
6.5. Trazo, Medición y Establecimiento del eje de la Poligonal Base. 14
6.6. Resumen de cálculos de Control Horizontal 15
6.7. Levantamiento Plan Altimétrico y Detalles del Camino. 19
6.8. Recepción, Control y Revisión de la información topográfica de campo. 22
6.9. Procesamiento de la Información Topográfica de Campo 22
6.10. Levantamiento de Intersecciones 22
6.11. Levantamiento de Detalles y Secciones 22
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO 24
1. Área de localización del estudio 24

2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período 25
3. Población, muestra 26
3.1. Tipo de muestra y muestreo 26
3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación 27
4. Diseño 28
4.1. Recolección de Datos 28
4.2. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad 29
5. Operacionalización de variables 30
6. Análisis de datos 31
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS .. 32
4.1 Evaluar los impactos sociales asociados al mejoramiento del camino La Paz Carazo - San Pedro - Niquinohomo, considerando las dinámicas de la población local. 32
4.1.1 Caracterización de actores sociales e institucionales: 32
4.1.2 Principales características socioeconómicas del área de influencia del proyecto: 33
4.1.3 Principales Actividades Económicas: 33
4.1.4 Comentarios y Opiniones de Autoridades Entrevistadas: 34
4.1.5 Proyección de la Evaluación comparativa de condiciones de vida: 35
4.1.6 Tipología de impactos sociales: 39
4.1.6.1 Diagnóstico Socioeconómico de la Población Afectada 39
4.1.6.1.1 Caracterización demográfica de los hogares afectados 39
4.1.6.1.2 Tipología de las viviendas y habitabilidad 42
4.1.6.1.3 Acceso a servicios básicos y saneamiento 43
4.1.6.1.4 Condición laboral y nivel de ingresos 44
4.1.6.1.5 Clasificación técnica de afectaciones 45
4.1.6.1.6 Clasificación por naturaleza 47
4.1.6.1.7 Clasificación por grupo poblacional o territorio 48
4.1.6.1.8 Clasificación por alcance 49
4.1.6.1.9 Clasificación por duración 49
4.1.6.1.10 Clasificación por intensidad / magnitud 49
4.1.6.1.11 Clasificación por reversibilidad 50
4.1.6.1.12 Clasificación por probabilidad de ocurrencia 50
4.1.7 Empleo del EIAS como base, ampliado con análisis crítico desde el desarrollo, la inclusión territorial y la justicia espacial 50
4.1.8 Metodologías para la evaluación de impactos ambientales y sociales 53
4.1.9 Identificación, Pronostico y Valoración de Impactos 58

4.1.10 Análisis de Amenazas y Riesgos 62

4.1.11 Medidas ambientales..... 74

4.2 Analizar las condiciones de seguridad vial existentes y las mejoras propuestas por el proyecto, con énfasis en la protección de peatones y ciclistas, a partir del análisis técnico del diseño vial y la normativa aplicable..... 87

4.2.1 Características geométricas de la vía y su incidencia en la seguridad vial..... 87

4.2.1.1 Clasificación Funcional..... 87

4.2.1.2 Velocidad de Diseño. 88

4.2.1.3 Radio Mínimo de Curvatura..... 89

4.2.1.4 Vehículo de Proyecto 90

4.2.1.5 Definición de Vehículo de Proyecto..... 92

4.2.1.6 Resumen de Normas de Diseño Geométrico. 93

4.2.1.6.1 Resumen General del Proceso de Justificación de Parámetros Técnicos. ... 93

4.2.1.7 Sección típica de Diseño Mejorada 96

4.2.1.8 Diseño Planimétrico del Proyecto 98

4.2.1.8.1 Consideraciones Técnicas del Diseño 98

4.2.1.8.2 El Diseño y Proyección del Trazo Planimétrico. 99

4.2.2 Estudio de Tráfico..... 100

4.2.2.1 Alcances e Importancia del Proyecto 100

4.2.2.2 Levantamiento de la Vía y sus Características 101

4.2.2.3 Metodología de los Estudios de Tráfico 102

4.2.2.4 Justificación de los puntos de conteo y encuestas..... 103

4.2.2.5 Resultados del Estudio del Tráfico..... 104

4.2.2.6 Distribución Direccional del Tráfico..... 106

4.2.2.7 Distribución Total del Tramo La Paz Carazo – San Pedro - Niquinohomo ... 107

4.2.2.8 Distribución Direccional cada Estación 107

4.2.2.9 Proyecciones de Tráfico 107

4.2.2.10 Estimación de las Tasas de Crecimiento del Tráfico Normal 108

4.2.2.11 Proyección del Tráfico Normal 108

4.2.2.11.1 PIB Nacional..... 109

4.2.2.11.1.1 Comportamiento histórico del PIB de Nicaragua. 109

4.2.2.11.2 Población Nacional 111

4.2.2.11.3 Parque Vehicular Nacional.....111

4.2.2.11.4 TPDA histórico del tramo en estudio 113

4.2.2.11.5 TPDA de las EMC asociadas al tramo 113

4.2.2.11.6 Resumen de las Variables Analizadas 114
4.2.3 Marco conceptual aplicado: Sistema Seguro 116
4.2.3.1 Caracterización técnica de usuarios vulnerables 116
4.2.3.2 Evaluación de velocidades operativas 116
4.2.3.3 Diagnóstico de infraestructura para modos no motorizados 117
4.2.3.4 Modelación del riesgo vial 117
4.2.3.5 Medidas de rediseño y mitigación vial....118
4.2.3.6 Evaluación de impacto en seguridad vial (ex ante / ex post) 118
4.2.3.7 Tipología de impactos sociales asociados 118
4.2.3.8 Análisis técnico de parámetros relevantes 120
4.2.3.9 Diseño geométrico y tolerancia al daño humano.... 120
4.2.3.10 Infraestructura para usuarios vulnerables.... 120
4.2.3.11 Inexistencia de infraestructura ciclista 121
4.2.3.12 Diseño geométrico tolerante al error.... 121
4.2.3.13 Evaluación integrada: riesgo, exposición y severidad.... 122
4.2.3.14 Evaluación técnica basada en evidencia para el diseño vial seguro.... 123
4.2.3.15 Conteos peatonales: Fundamentación, metodología y aplicación.... 123
4.2.3.16 Velocidades al 85.º percentil: Justificación y profundidad técnica 124
4.2.3.17 Volumen horario máximo y composición modal 125
4.2.3.18 Integración y aplicación en el diseño vial seguro.... 125
4.2.3.19 Análisis técnico de la matriz de mitigación de riesgos viales para usuarios vulnerables.... 133
4.2.4 Conclusiones.... 134
4.3 Caracterizar el flujo vehicular, las propiedades geotécnicas del suelo y definir los espesores estructurales del pavimento en el área de influencia del proyecto, conforme a la normativa técnica aplicable.... 137
4.3.1 Resumen de la caracterización del flujo vehicular para el diseño de pavimento 137
4.3.2 Caracterización de las propiedades del suelo.... 137
4.3.2.1 Características geotécnicas.... 137
4.3.2.2 Problemas geotécnicos 138
4.3.2.3 Trabajos de Campo y Laboratorio 139
4.3.2.3.1 Sondeos manuales sobre la línea y área de ampliación 139
4.3.2.3.2 Resultados de los ensayos de los sondeos sobre la línea.... 140
4.3.2.3.3 Nivel freático 144
4.3.2.3.4 Resultados de CBR de los Sondeos de Línea. 144

4.3.2.3.5 Sondeos de los bancos de materiales y canteras 146
4.3.2.3.6 Resultados de ensayos de los bancos de materiales y canteras 147
4.3.2.3.7 Sondeos Para Estructura de Obras de Drenaje 179
4.3.2.3.8 Investigaciones de campo. 180
4.3.2.3.9 Ensayos de laboratorio 181
4.3.2.3.10 Resultados de ensayos sobre las estructuras tipo Cajas Puentes. 182
4.3.2.3.11 Resistencia a la penetración estándar (SPT) en Estructura de Caja Puente 188
4.3.2.3.12 Nivel freático y humedad natural 192
4.3.3 Definición de los Espesores Estructurales del Pavimento 196
4.3.3.1 Cálculo del factor de daño para carga equivalente a eje sencillo de 18,000 libras 196
4.3.3.1.1 Factores de equivalencia de carga 196
4.3.3.2 Tipo de Tráfico 198
4.3.3.3 Cálculo de TPDA 199
4.3.3.4 Aspectos Generales del Tráfico Vehicular a Utilizar 200
4.3.3.5 Transito Promedio Diario Anual (TPDA) 200
4.3.3.6 Ejes equivalentes acumulados en el período de diseño (Wt18) 201
4.3.3.6.1 Pavimento Flexible 201
4.3.3.6.2 Pavimento Rígido 202
4.3.3.7 CBR de diseño 203
4.3.3.7.1 Correlación con los Tipos de Suelos 203
4.3.3.7.2 Resumen de Resultados de Ensayos CBR de Muestras de Sondeos en Línea 204
4.3.3.7.3 Resumen para CBR de Diseño 205
4.3.3.7.4 Conclusiones sobre el tráfico utilizado por la estructura 205
4.3.3.8 Métodos de cálculo para el diseño de espesores de pavimento 205
4.3.3.8.1 Generalidades 205
4.3.3.8.2 Procedimiento de Cálculo para el Diseño de Espesores de Pavimento para cada método. 206
4.3.3.8.3 Diseño de Pavimento Rígido (Pavimento de Concreto) 206
4.3.3.8.3.1 Método AASHTO 1998 206
4.3.3.8.3.1.1 Diseño De Pavimento Rígido 211
4.3.3.8.3.1.2 Resultados: 211
4.3.3.8.3.1.3 Diseño de Espesores de Pavimento con Concreto Hidráulico - Losas Cortas 215

4.3.3.8.3.1.4 Resistencia a la flexión del concreto 216
4.3.3.8.3.1.5 Resistencia de la subrasante 217
4.3.3.8.3.1.6 Periodo de diseño 219
4.3.3.8.3.1.7 Factor de crecimiento anual (FCA) 219
4.3.3.8.3.1.8 Factor de sentido (FS) 220
4.3.3.8.3.1.9 Factor de carril (FC) 220
4.3.3.8.3.1.10 Factor de seguridad de carga (LSF) 221
4.3.3.8.3.1.11 Numero de Repeticiones Esperadas para cada Eje y Dimensionamiento de Espesor. 221
4.3.3.8.3.2 Metodología de Cálculo 222
4.3.3.8.3.2.1 Implementación del Método PCA 225
4.3.3.8.3.3 Cálculo del Módulo de Sub-reacción (k) de diseño: 225
4.3.3.8.3.2. Diseño Pavimento de Adoquín 228
4.3.3.8.3.2.1. Método Argentino 228
4.3.3.8.3.2.2. Resumen de Resultados Pavimento de Adoquín Método Argentino 230
4.3.3.8.3.3. Método AASHTO 1993 230
4.3.3.8.3.3.1. Módulo Resiliente de la subrasante 232
4.3.3.8.3.3.2. Ejes de Daño 232
4.3.3.8.3.3.3. Determinación del Número Estructural (SN) 232
4.3.3.8.3.3.4. Determinación de Espesores 233
4.3.3.8.3.3.5. Resumen de Resultados Pavimento de Adoquín Método AASHTO 93 . 234
4.3.3.8.3.3.6. Resumen de Resultados Pavimento de Adoquín 234
4.3.3.8.4 Diseño Pavimento de Mezcla Asfáltica 236
4.3.3.8.4.1 Método AASHTO 1993 236
4.3.3.8.4.1.1 Módulo Resiliente de la subrasante 237
4.3.3.8.4.1.2 Ejes de Daño 237
4.3.3.8.4.1.3 Determinación de Espesores 239
4.3.3.8.4.1.4 Resumen de Resultados Pavimento de Mezcla Asfáltica Método AASHTO 93 239
4.3.3.8.5 Método de Diseño del Instituto del Asfalto 240
4.3.3.8.5.1 Estimación del tránsito. 240
4.3.3.8.5.2 Cálculos de espesores de diseño 243
4.3.3.8.5.3 Aplicación al Proyecto 243
-4.3.3.8.6 Alternativas Propuestas. 244
4.3.3.8.7 Evaluación Económica de las Alternativas 245

4.3.3.8.8 Recomendaciones Técnicas Generales 246

4.4 Formular un Plan de Gestión Ambiental (PGA) y analizar la viabilidad financiera de las alternativas de mejoramiento del camino, con el fin de determinar la opción más viable para su ejecución. 247

4.4.1 Programa de Gestión Ambiental y Social (PGAS) 247

4.4.1.1 Subprograma de Medidas Ambientales 247

4.4.1.2 Subprograma de Capacitación y Educación Ambiental 249

4.4.1.3 Subprograma de Contingencias 250

4.4.1.4 Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos y No Peligrosos 262

4.4.1.5 Subprograma de Manejo de Aguas pluviales, erosión e inundación. 265

4.4.1.6 Subprograma de Manejo de Hidrocarburos, grasas, aceites, entre otros 267

4.4.1.7 Subprograma de Siembra y engramados 274

4.4.1.8 Subprograma de Medidas a la Reducción de la Vulnerabilidad ante el CC 282

4.4.1.9 Subprograma de Protección, Manejo de Áreas Protegidas y Ecosistemas naturales 284

4.4.1.10 Subprograma de Señalamiento Vial Preventivo 284

4.4.1.11 Subprograma de Instalación y Operación de Planteles 296

4.4.1.12 Subprograma de Gestión y Obtención de Permisos Ambientales 303

4.4.1.13 Subprograma de Explotación de Bancos de Materiales 304

4.4.1.14 Sub Programa para Manejo de Botadero y bancos de tiro 304

4.4.1.15 Subprograma de Manejo de la Seguridad e Higiene laboral 308

4.4.1.16 Subprograma de Salud Sexual y Reproductiva 315

4.4.1.17 Subprograma de Protección al Patrimonio Físico Histórico y Cultural de la Nación 316

4.4.1.18 Subprograma de Buzón de Quejas y Sugerencia 319

4.4.1.19 Subprograma de Pueblos Indígenas 328

4.4.1.20 Subprograma de Reasentamiento Involuntario - PRI 328

4.4.1.21 Subprograma de Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAA). 329

4.4.1.22 Subprograma de Monitoreo, seguimiento y control Ambiental y Social 335

4.4.1.23 Subprograma Plan de Desvíos Provisionales, Mantenimiento de Trafico y de la obra 336

4.4.1.24 Subprograma de Activación de Plan de Respuesta del COV-19 340

4.4.1.25 Presupuesto PGAS 344

4.4.1.25.1 Cronograma PGAS 344

4.4.2 Evaluación Socioeconómica del Proyecto 347

4.4.2.1 Cálculo de los Precios Económicos y Precios Sombra 347

4.4.2.2 Evaluación Económica 350
4.4.2.2.1 Metodología 350
4.4.2.2.2 Resultados de la Evaluación Económica (Cuadro Resumen) 353
4.4.2.2.3 Beneficios del Proyecto 356
4.4.2.2.4 Valor Residual: 356
4.4.2.2.5 Flujo de Beneficios y Costos 356
4.4.2.2.6 Análisis de Sensibilidad 358
4.4.2.2.7 Análisis de Sensibilidad, Resultados del HDM-4 358
4.4.2.2.7.1 Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 12% 358
4.4.2.2.7.2 Alternativa Mezcla Asfalto: 359
4.4.2.2.7.3 Alternativa: Concreto Hidráulico Losas Cortas 359
4.4.2.2.8 Análisis de Sensibilidad, Resultados del HDM-4 361
4.4.2.2.8.1 Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 8% 361
4.4.2.2.8.2 Alternativa Mezcla Asfalto: 361
4.4.2.2.8.3 Alternativa: Concreto Hidráulico Losas Cortas 361
4.4.2.2.9 Análisis del Momento Óptimo. 362
4.4.2.2.9.1 Análisis del Momento Óptimo: Tasa 12% 362
4.4.2.2.10 Conclusiones 365
4.4.2.2.11 Recomendaciones 366
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SOLUCIÓN 368
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES 372
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES 378
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS 381
CAPÍTULO IX: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS 383
1. Presupuesto 383
2. Cronograma 384
CAPÍTULO VI: ANEXOS 387
1. Instrumentos de recolección de datos 387
1. Guía de Observación Técnica Estructurada 387
2. Cuestionario de Encuesta Comunitaria 388
3. Guía de Entrevista Semiestructurada 389
4. Ficha Técnica para Inventario de Infraestructura Vial 390
2. Reporte de validación de los instrumentos de recolección de datos 391
3. Otros 394

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Limitantes y Riesgos 7
Tabla 2. Resumen de Cálculos de precisión del Circuito 1 TRAMO I 15
Tabla 3. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 2 TRAMO I 15
Tabla 4. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 3 TRAMO I 15
Tabla 5. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 4 TRAMO I 16
Tabla 6. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 5 TRAMO I 16
Tabla 7. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 6 TRAMO I 16
Tabla 8. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 7 TRAMO I 17
Tabla 9. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 8 TRAMO II 17
Tabla 10. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 9 TRAMO II 17
Tabla 11. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 10 TRAMO II 18
Tabla 12. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 11 TRAMO II 18
Tabla 13. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 12 TRAMO II 18
Tabla 14. Lista de Códigos del Levantamiento Topográfico. 19
Tabla 15. Operacionalización de Variables 30
Tabla 16. Centros Escolares en la ruta del Proyecto 33
Tabla 17. Personas Entrevistadas en El Rosario 34
Tabla 18. Personas Entrevistadas en Masatepe 34
Tabla 19. Personas Entrevistadas en Niquinohomo 34
Tabla 20. Clasificación técnica de afectaciones 45
Tabla 21. Clasificación por naturaleza 47
Tabla 22. Clasificación por grupo poblacional o territorio 48
Tabla 23. Clasificación por alcance 49
Tabla 24.Clasificación por duración 49
Tabla 25. Clasificación por intensidad 49
Tabla 26. Clasificación por reversibilidad 50
Tabla 27. Clasificación por probabilidad de ocurrencia 50
Tabla 28. Categorías para integración de impactos 54
Tabla 29. Categorías para integración de impactos 56
Tabla 30. Valoración de impactos 57
Tabla 31. Identificación de acciones y factores impactados 59
Tabla 32. Valoración Ecológica 60
Tabla 33. Evaluación de los riesgos (meteorológicos) 66
Tabla 34. Evaluación de los riesgos (geológicos) 67
Tabla 35. Evaluación de los riesgos (antropogénicos) 67
Tabla 36. Consolidado Evaluación Amenazas y Riesgos 68
Tabla 37. Valores de Escala 69
Tabla 38. Criterios para Valorar el Histograma de Vulnerabilidad 69
Tabla 39. Histograma de Vulnerabilidad 70
Tabla 40. Criterios para Valorar el Histograma de Vulnerabilidad 71
Tabla 41. Vulnerabilidades de Influencia a los Amenazas Estudiadas 72
Tabla 42. Ponderaciones de la Vulnerabilidad ante los diferentes niveles de Amenazas 73
Tabla 43. Medidas de Mitigación 74
Tabla 44. Propuesta técnica de normas de diseño geométrico a implementar una velocidad de diseño de 60 kph. 93
Tabla 45. Propuesta Técnica de Normas de Diseño Geométrico a Implementar una Velocidad de Diseño de 40 Kph. 95
Tabla 46. Estación No. 1. NIC-2 105
Tabla 47. Estación No. 2 NN-196 105
Tabla 48. Estación No. 3. NN-196 105

Tabla 49. Estación No. 4. NN-196 106
Tabla 50. Estación No. 5. NIC-18A 106
Tabla 51. Distribución Direccional 107
Tabla 52. Distribución Direccional por Estación 107
Tabla 53. Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 110
Tabla 54. Tasas de crecimiento proyectadas. 111
Tabla 55. Principios y Aplicación Técnica del Sistema Seguro en Seguridad Vial 119
Tabla 56. Medidas propuestas e impactos en reducción de muertes y lesiones 123
Tabla 57. Criterios de diseño para accesibilidad universal 129
Tabla 58. Comparación entre la sección vial proyectada y la normativa internacional 131
Tabla 59. Matriz de evaluación de riesgos viales por tipo de usuario vulnerable 132
Tabla 60. Tráfico Total para Mezcla Asfáltica, Concreto Hidráulico y Losas Cortas. 135
Tabla 61. Tipos de Suelos y porcentajes referentes al total de muestras 137
Tabla 62. Suelos encontrados en la zona 138
Tabla 63. Ensayos de laboratorio a muestras de sondeos de línea 140
Tabla 64. Estratigrafía de los sondeos de línea 142
Tabla 65. Resultados de CBR de los Sondeos de Línea. 145
Tabla 66. Ensayos de laboratorio para muestras de Bancos de Materiales 146
Tabla 67. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Pómez - Los Pocitos. 148
Tabla 68. Especificaciones del Banco de Material pómez – Los Pocitos para ser utilizado como Subbase 148
Tabla 69. Especificaciones del Banco de Material Pómez – Los Pocitos para ser utilizado como base 149
Tabla 70. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Santa Teresa 151
Tabla 71. Especificaciones del Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como Sub-base 151
Tabla 72. Especificaciones del Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como base 152
Tabla 73. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Cantera el Rosario. 154
Tabla 74. Especificaciones del Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como Sub-base 154
Tabla 75. Especificaciones del Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como base 155
Tabla 76. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Cantera el Rosario. 157
Tabla 77. Especificaciones del Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como Sub-base 157
Tabla 78. Especificaciones del Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como base 158
Tabla 79. Especificaciones del Banco de Material San Antonio para ser utilizado como Sub-base 160
Tabla 80. Especificaciones del Banco de Material San Antonio para ser utilizado como base 161
Tabla 81. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material La Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como Sub-base 163
Tabla 82. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como base 164
Tabla 83. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como Sub-base. 165
Tabla 84. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como base. 166
Tabla 85. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como sub base. 167
Tabla 86. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como base. Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6 168
Tabla 87. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como sub base. 169
Tabla 88. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como base. 170
Tabla 89. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como sub base. 171

Tabla 90. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como base 172
Tabla 91. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como sub base 173
Tabla 92. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como base. 174
Tabla 93. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como sub base. 175
Tabla 94. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como base. 176
Tabla 95. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como sub base. 177
Tabla 96. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como base. 178
Tabla 97. Profundidad de Sondeos mecánicos en: 179
Tabla 98. Normativas para Ensayos de Laboratorio 181
Tabla 99.Estratigrafía de Sondeo de Penetración Estándar en Caja Puente y Puente. 185
Tabla 100. Consistencia de los suelos cohesivos 191
Tabla 101. Compacidad de los suelos granulares. 191
Tabla 102. Contenido de Humedad Natural y Nivel Freático de sondeos SPT 192
Tabla 103. Diámetro de las Partículas de obras de drenaje de caja puente 193
Tabla 104. Factor de Daño por Carga Equivalente Pavimento Flexible. 196
Tabla 105. Factor de Daño por Carga Equivalente Pavimento Rígido. 197
Tabla 106. Pavimento Flexible a 10 años 201
Tabla 107. Pavimento Flexible a 15 años 201
Tabla 108. Pavimento Flexible a 20 años 201
Tabla 109. Pavimento Rígido a 10 años 202
Tabla 110. Pavimento Rígido a 15 años 202
Tabla 111. Pavimento Rígido a 20 años 202
Tabla 112. Resultado de CBR de Muestra de Sondeos de Línea. 204
Tabla 113. Resumen para CBR de Diseño 205
Tabla 114. Resumen de ESAL por Periodo 207
Tabla 115. Valores de Confiabilidad recomendados por la AASHTO 207
Tabla 116. Valores del Material de Fundación 208
Tabla 117. Variables de Diseño de Pavimento Rígido. 211
Tabla 118. Espesores de pavimento losa 215
Tabla 119. Repeticiones esperadas para cada tipo de eje. 225
Tabla 120. Cálculo del Módulo de Sub-reacción (k) de diseño 226
Tabla 121. Resumen del resultado 227
Tabla 122. Resultados Pavimento de Concreto Hidráulico para 10 años 227
Tabla 123. Resultados Pavimento de Concreto Hidráulico para 15 años 227
Tabla 124. Resultados Pavimento de Concreto Hidráulico para 20 años 228
Tabla 125. Método Argentino 229
Tabla 126. Espesores a incrementarse según cargas 230
Tabla 127. Resultados de ESALES. 230
Tabla 128. Resultados Pavimento de Adoquín Método Argentino 230
Tabla 129. Resumen para CBR de Diseño. 232
Tabla 130. Ejes de Diseños 232
Tabla 131. Resultados Pavimento de Adoquín Método AASHTO 93 234
Tabla 132. Resultados Pavimento de Adoquín para 10 Años 235
Tabla 133. Resultados Pavimento de Adoquín para 15 Años 235
Tabla 134. Resultados Pavimento de Adoquín para 20 Años 235

Tabla 135. Resumen para CBR de Diseño 237
Tabla 136. Ejes de Daño 237
Tabla 137. Resultados de Pavimento de Mezcla Asfáltica Método AASTHO 93. 239
Tabla 138. Tránsito. 243
Tabla 139. Subrasante 243
Tabla 140. Resumen de Pavimento de Mezcla Asfáltica Método Instituto de Asfalto. 244
Tabla 141. Costos de Ejecución Talleres 250
Tabla 142. Medidas para el Riesgo por sismo 254
Tabla 143. Medidas para el Riesgo por Huracanes 255
Tabla 144. Medidas para el Riesgo por Inundaciones 255
Tabla 145. Medidas en caso de riesgo por incendios 256
Tabla 146. Medidas en caso de Mordeduras y/o picaduras 257
Tabla 147. Medidas en caso de Descargas Atmosféricas 258
Tabla 148. Medidas en caso de Accidentes 259
Tabla 149. Medidas en caso de Falla de Equipos o Infraestructuras 260
Tabla 150. Medidas en caso de Derrames de aceites y combustibles 261
Tabla 151. Medidas en caso de Actos Vandálicos 261
Tabla 152. Especies forestales en áreas abiertas 277
Tabla 153. Especies frutales a establecer 277
Tabla 154. Cantidades de plantas a establecer por especie 278
Tabla 155. Relación pendiente distancia entre curvas 279
Tabla 156.Coordenadas del Sitio Campamento Propuesto 296
Tabla 157. Procedimientos administrativos ambientales 303
Tabla 158. Presupuesto para Taller de Higiene y Seguridad Laboral 312
Tabla 159. Lineamientos a Seguir en la Seguridad Laboral 312
Tabla 160. Guía Metodológica 315
Tabla 161. Costos del taller 315
Tabla 162. Marco conceptual para atención a la comunidad 320
Tabla 163.Costos del plan 328
Tabla 164. Detalle de costos PRI 329
Tabla 165. Indicadores para Monitoreo Social 335
Tabla 166. Actividades de seguridad comunitaria 343
Tabla 167. Costos Estimados para la Ejecución del Plan de Gestión Social 344
Tabla 168. Cronograma del Plan de Gestión Social del Proyecto 344
Tabla 169. Georreferenciación de comunidades afectadas 345
Tabla 170. Afectaciones a viviendas 346
Tabla 171. Precios Sociales De Nicaragua. Vigentes 2018 347
Tabla 172. Resumen FCS Estimados Para Nicaragua 348
Tabla 173. Factores de Conversión para Materiales de Construcción 348
Tabla 174. Horizonte de Evaluación 20 años: Tasa 12% 354
Tabla 175. Resumen de los Resultados de Rentabilidad Económica del proyecto, evaluado a una tasa del 8%. 355
Tabla 176. Tabla Comparativa: Mezcla Asfáltica, Concreto Hidráulico con Losas Cortas y Losas Convencionales 364
Tabla 177. Presupuesto 383
Tabla 178. Cronograma 384
Tabla 179. Ficha de registro 387
Tabla 180. Ficha técnica para inventario de infraestructura vial 390
Tabla 181. Coordenadas de la ubicación del proyecto 394

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Monumentación de Línea Base 13
Figura 2. Distribución por sexo del jefe de hogar 39
Figura 3. Principales enfermedades de la población 40
Figura 4. Titularidad de la propiedad según sexo 41
Figura 5. Servicios básicos de la población 42
Figura 6. Materialidad de las viviendas 42
Figura 7. Nivel de ingreso mensual por hogar 44
Figura 8. Esquema del Método GriDAc 55
Figura 9. Clasificación Funcional de la Carretera, Pagina 33 SIECA 2011 Tercera Edición 87
Figura 10. Velocidades de diseño en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno. . 89
Figura 11. Cálculo de Radio Mínimo y Coeficiente de fricción lateral. 90
Figura 12. Esquema, características y radios de giro generados por el vehículo de proyecto (propuesto) para el tramo de proyecto; Tipo S-BUS-12 que equivale a BUS, AASHTO en sus maniobras de operación vehicular, en giro a 180° 92
Figura 13. Sección Transversal Típica Rural. 97
Figura 14. Sección Transversal Típica Urbana 97
Figura 15. Listado de Cunetas 98
Figura 16. Sección Típica de Cuneta Tipo II 98
Figura 17. Mapa de ubicación de Puntos de Aforo/Encuestas OD 103
Figura 18. Distribución Direccional 107
Figura 19. Comportamiento histórico del PIB de Nicaragua. 109
Figura 20. Porcentaje de Crecimiento del PIB para Nicaragua. 110
Figura 21. Población Nacional Nicaragua periodo 1990 – 2020. 111
Figura 22. Parque vehicular departamento de Masaya. 112
Figura 23.Parque vehicular departamento de Carazo. 112
Figura 24. Tasas propuestas para Masaya y Carazo 113
Figura 25. TPDA histórico del tramo en estudio, La Paz Carazo – San Pedro. 113
Figura 26. EMC 206 113
Figura 27. TPDA de las EMC asociadas al tramo. EMC 206 114
Figura 28. Resumen de tablas de crecimiento por los tipos vehicular. Estación Masatepe - Catarina .. 115
Figura 29. Resumen de tablas de crecimiento por los tipos vehicular. Estación Grajinam – Rivas. 115
Figura 30. Flujos y sus prioridades 126
Figura 31. Promedio de las tasas del PIB Nacional 135
Figura 32. Banco de Materiales Pómez Los Pocitos 147
Figura 33. Banco de Materiales Santa Teresa 150
Figura 34. Banco de cantera el Rosario. 153
Figura 35. Banco de Materiales Nueva Vista 156
Figura 36. Banco de Materiales San Antonio 159
Figura 37. Resumen del Estudio de Trafico 198
Figura 38. Cálculo del TPDA 199
Figura 39. Transito Promedio Anual (TPDA) 200
Figura 40. Secciones Homogéneas 204
Figura 41. Relación Aproximada de Rango de Valores entre el Valor de CBR y Valor de K. 208
Figura 42. Coeficientes de Drenaje, Cd, recomendados. 209
Figura 43. Coeficiente de fricción para diferentes tipos de bases 209
Figura 44. Resultados para 10 años: 212
Figura 45. Resultados para 15 años: 212
Figura 46. Resultados para 20 años: 214
Figura 47. Curva de desarrollo de Resistencia a la flexión a través del tiempo. 217
Figura 48. Esquema de la Prueba de Placa 218

Figura 49. Incremento en el valor de K del suelo, según el espesor de una base granular. 218
Figura 50. Correlación SUCS, CBR y K..... 219
Figura 51. Incremento en el valor de K del suelo, según el espesor de una base granular cementada. 219
Figura 52. Proporción de Vehículos circulando por el carril de baja velocidad en una vialidad de 2 ó 3 carriles. 221
Figura 53. Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Con Apoyo Lateral..... 223
Figura 54. Factores de Erosión, para pavimentos con Pasa juntas y Con apoyo Lateral. 224
Figura 55. Análisis de fatiga (Repeticiones permisibles basadas en el factor de relación de esfuerzo, con o sin apoyo literal)..... 224
Figura 56. Análisis de Erosión (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, con apoyo lateral)..... 225
Figura 57. Evaluación de espesor de Losa de 15 cm..... 226
Figura 58. Evaluación de espesor de Losa de 18 cm..... 226
Figura 59. Valores de SN para 10 Años..... 232
Figura 60. Valores de SN para 15 Años..... 233
Figura 61. Valores de SN para 20 Años..... 233
Figura 62. Determinación de espesores para 10 Años..... 233
Figura 63. Determinación de espesores para 15 Años..... 234
Figura 64. Determinación de espesores para 20 años..... 234
Figura 65. Valores de SN para 10 años..... 238
Figura 66. Valores de SN para 15 Años..... 238
Figura 67. Valores de SN para 20 Años..... 238
Figura 68. Determinación de espesores para 10 años..... 239
Figura 69. Determinación de espesores para 15 años..... 239
Figura 70. Determinación de espesores para 20 años..... 239
Figura 71. Períodos de diseño en años y tasas de crecimiento del tránsito..... 241
Figura 72. Flujo vehicular sobre el carril de diseño 241
Figura 73. Factor de ajuste de los ejes equivales por presión de la llanta. 241
Figura 74. Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima 242
Figura 75. Espesores mínimos de carpeta asfáltica, de acuerdo al nivel de tránsito. 242
Figura 76. Espesores de superficie de concreto asfáltico sobre bases granulares sin estabilizar 243
Figura 77. Agregado de base de 12 pulgadas de espesor..... 244
Figura 78. Alternativa: Concreto hidráulico. 245
Figura 79. Alternativa: Carpeta asfáltica. 245
Figura 80. Simbología para Separación en la fuente. 262
Figura 81. Entrada al Botadero El Rosario..... 264
Figura 82. Diseños de obras hidráulicas 267
Figura 83. Obras Hidráulicas Ubicación Mayores 267
Figura 84. Cisterna a utilizar para el trasiego de Diesel 268
Figura 85. Abanderado: Tráfico Detenido..... 292
Figura 86. Abanderado: Trafico en Movimiento 292
Figura 87. Abanderado: Otras señales de mano 292
Figura 88. Señales Verticales 293
Figura 89. Alto Adelante 294
Figura 90. Desvío a 300 m. 294
Figura 91. Puente en construcción 294
Figura 92. Otras Señales Preventivas 295
Figura 93. Señales Informativas..... 295
Figura 94. Elevación diseño de Bodega..... 297
Figura 95. Diseño Básico preliminar del taller..... 297
Figura 96. Planta de Taller 298
Figura 97. Diseño Básico de Dormitorios 298

Figura 98. Diseño de Cocina 299
Figura 99. Malla Perimetral 301
Figura 100. Panorámica general del tramo Carretera La Paz-San Pedro-Niquinohomo señalando los sectores con presencia de material arqueológico en superficie. 319
Figura 101. Formato para quejas y sugerencias. 325
Figura 102. Mecanismo de Quejas 327
Figura 103. Formato de Atención en el MTI 328
Figura 104. Variación del Impacto en función del tiempo. Fuente: BID-Invest, 2023 330
Figura 105. Jerarquía de Mitigación. Fuente: BID-Invest, 2023 330
Figura 106. Relación entre los tipos de impactos. Fuente: BID-Invest, 2023 331
Figura 107. Matriz de Impactos Acumulativos del Proyecto. 334
Figura 108. Camino Cerrado y banderillero adelante. 337
Figura 109. Hombres trabajando 338
Figura 110. Solo una vía Adelante 339
Figura 111. Modelo de Señalización en Obras 339
Figura 112. Distanciamiento Social 340
Figura 113. Equipo de Protección. 341
Figura 114. Costos de Tiempo de Viaje 349
Figura 115. Costos de Construcción, de Mantenimiento y de Supervisión de las Alternativas 349
Figura 116. Costo de Mantenimiento 350
Figura 117. Horizonte de Evaluación 20 Años: Tasa 12% 355
Figura 118. Horizonte de Evaluación 20 Años: Tasa 8% 356
Figura 119. Alternativa Asfalto 20 Años al 12 % 357
Figura 120. Alternativa Concreto Losas Cortas 20 Años al 12 % 357
Figura 121. Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 12% 359
Figura 122. Alternativa Asfalto 20 Años al 8 % 360
Figura 123. Alternativa Concreto Losas Cortas 20 Años Al 8 % 360
Figura 124. Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 8% 361
Figura 125. Análisis del Momento Óptimo: Tasa 8% 362
Figura 126. Análisis del Momento Óptimo de la Inversión 363

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL

1. Antecedentes

1.1. Antecedentes Nacionales

El desarrollo vial en zonas rurales e intermunicipales ha sido históricamente limitado en Nicaragua, caracterizándose por la ejecución de intervenciones aisladas y de bajo alcance. En el "Estudio de Prefactibilidad para el Mejoramiento del Camino Empalme El Regadío – Puente Gualilica (29.29 km)", Montiel (2018) señala que, desde la década de 1980, las mejoras sobre este tipo de caminos se han limitado a trabajos de mantenimiento rutinario y periódico, tales como limpieza del derecho de vía, conformación de calzada, bacheo con material selecto y reparaciones menores de drenaje. Si bien estas acciones permitieron mantener la transitabilidad de manera parcial, su efecto ha sido temporal y no han corregido las fallas estructurales de fondo.

En este tipo de caminos, la superficie de rodamiento –constituida generalmente por balasto o material granular suelto– es altamente susceptible a la acción del tránsito y la erosión pluvial, generando condiciones de operación deficientes, formación de pegaderos, interrupciones del tráfico y mayores tiempos de viaje. Esta situación se ve agravada por la carencia o deterioro de las obras de drenaje transversal y longitudinal, afectando la vida útil de la infraestructura. En respuesta a esta problemática, Montiel (2018) propuso como objetivos estratégicos del proyecto reducir el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), disminuir los costos de operación vehicular y de mantenimiento, así como mejorar el nivel de servicio mediante una solución integral.

En consonancia con estos planteamientos, el estudio desarrollado por Urbina, Araúz y Téllez (2019) sobre el tramo Ticuantepe - Santo Domingo - San Judas - Nejapa, destaca la necesidad de mejorar la conectividad vial como mecanismo para dinamizar la economía, descongestionar los accesos a Managua y garantizar una articulación eficiente entre zonas rurales y centros urbanos. En dicho estudio se reconoce el impacto que tiene una vía funcional sobre el flujo vehicular, la logística de transporte y la distribución de productos de consumo nacional y de exportación.

Estos enfoques coinciden con los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH), el cual establece que el desarrollo de infraestructura de transporte es un componente esencial para alcanzar el crecimiento económico sostenible, la equidad territorial y la mejora de las condiciones de vida de la población.

En este contexto, el proyecto "Estudio de Factibilidad y Diseño para el Mejoramiento del Camino La Paz Carazo - San Pedro - Niquinohomo", responde a la necesidad de transformar un camino vecinal de 10.66 km de longitud, ubicado entre los departamentos de Carazo y Masaya, en una vía funcional, segura y con condiciones de servicio adecuadas para el tránsito local e intermunicipal.

Los estudios realizados revelan que el tramo presenta deficiencias estructurales y funcionales significativas: calzada en mal estado, presencia de suelos de baja capacidad portante, escaso drenaje y geometría vial deficiente. Además, el volumen de tránsito actual y proyectado justifica técnicamente la intervención, dado el rol estratégico del tramo como vía alterna para vehículos de carga y pasajeros, incluidos aquellos con tránsito internacional hacia el sur del país.

Como parte del estudio, se desarrolló una evaluación integral de demanda, análisis técnico de diseño geométrico, estructural, geotécnico, hidrotécnico y ambiental, así como una valoración económica y social que evidenció los beneficios de la intervención, entre ellos: reducción de costos de operación vehicular, mejora de los tiempos de viaje, incremento del acceso a servicios básicos, mayor seguridad vial y dinamización de la actividad productiva local.

2. Planteamiento del problema

El proyecto denominado "Estudio de Prefactibilidad y Diseño para el Mejoramiento del Camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo", elaborado por la firma consultora DYSCONCSA en 2023, abarca una longitud aproximada de 10.649 kilómetros, comprendidos entre los departamentos de Carazo y Masaya. El trayecto se desarrolla entre los municipios de Santa Teresa, El Rosario, Masatepe y Niquinohomo, y se clasifica como parte de la Red Vial No Básica NN-196 y NN-201. El punto de partida se ubica en el kilómetro 51 de la Carretera Panamericana Sur (NIC-2), en el Empalme hacia Santa Teresa,

pasando por comunidades rurales hasta enlazarse con el camino vecinal Las Crucitas – Niquinohomo.

Una condición crítica del proyecto radica en que, en su primer tramo (Tramo I: Empalme Santa Teresa – Las Crucitas, aproximadamente 6.18 km), no existe un trazo vial definido ni infraestructura básica que permita una circulación vehicular segura y eficiente. En contraste, el segundo tramo (Tramo II: Las Crucitas – Niquinohomo, de 4.47 km), corresponde a un camino vecinal existente, pero que presenta condiciones de deterioro significativo, debido a la falta de mantenimiento periódico, carencia de obras de drenaje y ausencia de señalización horizontal y vertical.

A lo largo de la ruta proyectada se identifican diversas comunidades, tales como El Rosario, Divino Niño, El Panamá, San Isidro, La Cruz Santa Rita y Santo Domingo Las Colinas en el Tramo I; y Las Crucitas, La Curva y La Marimba en el Tramo II. En estas localidades se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias a pequeña escala, destacando la producción de granos básicos, cítricos, aguacate y plátano, así como la ganadería para autoconsumo y comercio local. Además, se encuentran infraestructuras sociales como centros escolares, iglesias y pequeñas unidades comerciales (pulperías), las cuales no cuentan con acceso adecuado, en parte por la inexistencia de infraestructura vial funcional.

Asimismo, se identifican importantes limitaciones en cuanto a infraestructura de servicio público: el camino carece de electrificación en algunos sectores, no dispone de bahías seguras para el ascenso y descenso de pasajeros, y tampoco cuenta con señalización que oriente la circulación vehicular ni proteja a peatones, ciclistas o usuarios vulnerables.

Esta situación representa un obstáculo estructural para la articulación territorial, limitando el acceso de la población a servicios esenciales, encareciendo los costos logísticos para la producción local y elevando los índices de accidentabilidad vial. La inexistencia de una vía formal en el Tramo I y el mal estado del Tramo II impiden una conectividad eficiente entre los municipios involucrados, afectando tanto el desarrollo económico local como la seguridad y calidad de vida de los habitantes de la zona de influencia.

Por tanto, el mejoramiento integral del tramo La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo es una necesidad impostergable para asegurar condiciones adecuadas de circulación, promover

el desarrollo económico regional y garantizar la movilidad segura y equitativa de la población.

3. Objetivos

3.1.Objetivo General

Realizar el estudio de prefactibilidad y diseño para el mejoramiento del camino La Paz Carazo - San Pedro - Niquinohomo, con un enfoque integral orientado a evaluar los impactos sociales, ambientales y económicos en el área de influencia del proyecto.

3.2.Objetivos Específicos

- Evaluar los impactos sociales y ambientales asociados al mejoramiento del camino La Paz Carazo - San Pedro - Niquinohomo, considerando las dinámicas de la población local y su entorno.
- Analizar las condiciones de seguridad vial existentes y las mejoras propuestas por el proyecto, con énfasis en la protección de peatones y ciclistas, a partir del análisis técnico del diseño vial y la normativa aplicable.
- Caracterizar el flujo vehicular, las propiedades geotécnicas del suelo y definir los espesores estructurales del pavimento en el área de influencia del proyecto, conforme a la normativa técnica aplicable.
- Formular un Plan de Gestión Ambiental (PGA) y analizar la viabilidad financiera de las alternativas de mejoramiento del camino, con el fin de determinar la opción más viable para su ejecución.

4. Justificación

La presente investigación surge como respuesta estratégica a la necesidad de mejorar la conectividad vial entre los municipios de Santa Teresa, El Rosario, Masatepe y Niquinohomo, los cuales forman parte de la red cultural, turística y económica de los llamados “Pueblos Blancos” del Pacífico Sur nicaragüense. Esta zona se caracteriza por su riqueza cultural, producción artesanal, actividades agropecuarias y oferta turística creciente, cuya articulación territorial se ve limitada por una infraestructura vial fragmentada, discontinua y en condiciones técnicas deficientes.

Actualmente, el tránsito entre estos municipios se realiza principalmente a través de la carretera Masaya - Granada (NIC-4), la cual presenta una alta concentración vehicular, elevados tiempos de recorrido y un considerable índice de accidentabilidad. En este contexto, el mejoramiento del tramo La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo, correspondiente a la Red Vial No Básica NN-196 y NN-201, se plantea como una solución técnica viable y oportuna, que permitirá descongestionar los ejes troncales, reducir el riesgo vial y fomentar la integración funcional de las comunidades rurales al sistema de transporte regional y nacional.

El estudio tiene como finalidad diseñar una alternativa de infraestructura que responda a estándares de calidad, sostenibilidad y seguridad vial, promoviendo así el desarrollo de capacidades locales, el acceso a servicios básicos, el fortalecimiento del mercado local y la dinamización del turismo comunitario. Su implementación favorecerá el cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH) 2022-2026, al impulsar la mejora de la infraestructura social y productiva, reducir brechas territoriales y generar condiciones habilitantes para el crecimiento económico con equidad.

La viabilidad técnica del estudio está respaldada por la existencia de insumos especializados generados por la firma consultora DYSCONCSA (2024), que incluyen levantamientos topográficos, estudios de tráfico, análisis geotécnicos, diseños geométricos, cálculos estructurales y estudios hidrotécnicos y ambientales. Esta información, en su conjunto, proporciona una base metodológica rigurosa para la evaluación integral del proyecto, conforme a las normas técnicas nacionales (RNC-07, MTI) e internacionales (AASHTO, ASTM, ACI).

En cuanto a su impacto, el proyecto beneficiará de forma directa a más de nueve comunidades rurales localizadas a lo largo de los tramos Empalme Santa Teresa – Las Crucitas y Las Crucitas – Niquinohomo, tales como El Rosario, Divino Niño, El Panamá, San Isidro, Santo Domingo Las Colinas, La Cruz Santa Rita, Las Crucitas, La Curva y La Marimba. Los beneficiarios directos incluyen agricultores, comerciantes, estudiantes, transportistas y población en general, quienes verán mejorado su acceso a mercados, centros educativos, servicios de salud y actividades culturales. Asimismo, se proyecta un impacto indirecto sobre turistas nacionales e internacionales, transportistas de carga interdepartamental y productores que utilizan este corredor como vía alterna hacia Managua, Masaya y Granada.

Este estudio se desarrolla en el marco de la Normativa para la Culminación de Estudios de Posgrado de la UNI (2025), la cual establece que las tesis de maestría deben ser trabajos de investigación originales, metodológicamente rigurosos, con aportes al conocimiento y pertinencia social. Asimismo, la normativa exige que los trabajos se alineen con las líneas de investigación del programa y contribuyan a la producción científica e innovación tecnológica institucional (Cap. IV, art. 26-29). Esta investigación se vincula directamente con las líneas estratégicas del área de Ingeniería Civil, particularmente en la planificación, diseño y evaluación de infraestructura vial sostenible.

Por otra parte, la investigación se adhiere al marco normativo nacional, incluyendo:

- Ley No. 800, Ley de Régimen Jurídico del Sector de Infraestructura del Transporte
- Ley No. 582, Ley General de Educación de Nicaragua
- Manual para la Planificación Curricular del CNU (2023)
- Estrategia Nacional de Educación 2024–2026, que establece como meta el fortalecimiento del vínculo entre educación, desarrollo territorial e infraestructura.

En suma, la justificación del estudio se fundamenta en su relevancia para el desarrollo regional, su coherencia con las políticas públicas de conectividad, su viabilidad técnica comprobada, su impacto directo e indirecto sobre la población, y su contribución significativa a la formación investigativa en el marco de los programas de posgrado de la Universidad Nacional de Ingeniería.

4.1.Limitantes y riesgos

Tabla 1. Limitantes y Riesgos

LIMITANTES	RIESGOS
Coordinación limitada entre las autoridades municipales involucradas (Santa Teresa, Masatepe y Niquinohomo), lo que dificulta una planificación articulada.	Alto riesgo de accidentalidad vial, principalmente entre estudiantes y peatones que se movilizan a pie, en bicicleta o a caballo, en zonas sin infraestructura vial.
Procesos burocráticos prolongados para la gestión de permisos municipales, ambientales o de intervención en zonas rurales.	Riesgo por la presencia de ganado suelto en la vía, lo cual ha provocado accidentes graves y fatales, además de daños materiales.
Limitada disponibilidad de información estadística local sobre movilidad peatonal y vehicular actualizada y desagregada por tramo.	Ausencia de señalización vertical, iluminación nocturna y bahías de resguardo para usuarios del transporte colectivo incrementa el peligro, especialmente de noche.
Escasa documentación de los incidentes de tránsito menores en zonas rurales, lo que limita la precisión del análisis de riesgos.	Exposición de niños y jóvenes a peligros viales al acceder a centros escolares o religiosos sin condiciones seguras de tránsito.
Dificultad logística en el acceso a ciertas comunidades para el levantamiento de información en campo, debido al mal estado del camino en época lluviosa.	Riesgo de sesgo en la percepción comunitaria sobre el proyecto, ante la falta de información técnica o experiencia previa con procesos de mejora vial.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

5. Marco Institucional y Legal

El Marco Legal es el que define la estructura normativa aplicada en las acciones que persiguen objetivos propuestos. Constituye un sistema de normas de carácter jurídico general, objetivas y subjetivas que son de ineludible cumplimiento. En contraste, el Marco Institucional es la normativa propia e interna de la Institución o instituciones que están relacionadas entre sí, para su funcionamiento o para la realización de determinadas acciones.

Como resultado, el Marco Legal e Institucional reúne los parámetros Jurídicos e institucionales, que de manera equilibrada se aplican en las acciones y que aseguran el funcionamiento correcto de los procesos. Así mismo, controla los límites de competencia de las instituciones involucradas y garantiza el cumplimiento del ordenamiento legal existente. De conformidad al Marco Legal e Institucional de nuestro ordenamiento Jurídico para adquirir un nuevo Derecho de Vía se deberá declarar de Utilidad Pública.

A continuación, se enumeran la legislación aplicable:

- Acuerdo Ministerial No. 93-2005. Clasificación Funcional de la Red Vial Nacional Estudios de Diseño y Factibilidad.
- Manual Centroamericano de Dispositivos uniformes para el control de Tránsito (SIECA).
- Código Civil de la República de Nicaragua, a la Cuarta Edición vigente publicado en La Gaceta, Diario Oficial N.º 236 del 11 de diciembre de 2019.
- Ley del Notariado - (LN), artículos 2, 3, 7; y 62 al 64.
- Decreto Ejecutivo No. 7 6- 2006: "Sistema de Evaluación Ambiental", publicado en La Gaceta Diario Oficial No. 248 del 22 de diciembre de 2006.
- Ley No. 792 "Ley de Reformas e Incorporaciones a la Ley No. 40 Ley de Municipios".
- Ley No 737 - Ley de Contrataciones Administrativas del Sector Publico.
- Decreto No 13- 2013, publicado en la Gaceta No 44 del 7 de del 2013.
- Constitución Política de la República de Nicaragua.
- Ley N.ª 290, “Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo”, publicada en La Gaceta, Diario Oficial, No. 102, del 3 de junio de 1998;

- Ley N.º 612, "Ley de Reforma y Adición a la Ley N.º 290 "Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo," publicada en La Gaceta, Diario Oficial N.º 20 del 29 de enero de 2007.
- Decreto N.º 71-98, Reglamento a la Ley N.º 290, publicado en La Gaceta, Diario Oficial N.º 205 del 30 y 31 de octubre de 1998;
- Decreto N.º 25-2006 "Reformas y Adiciones al Decreto N.º 71-98 "Reglamento de la Ley N.º 290, "Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo", publicado en La Gaceta, Diario Oficial N.º 91 y 92 de los días 11 y 12 de mayo de 2006.
- Ley 40. Ley de Municipios. Aprobada el 13 de junio del 2012. Publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 6 del 14 de enero del 2013.
- Decreto 52-97, Reglamento a la Ley de No. 40, Ley de Municipios con Sus Reformas: Decreto No. 48-2000, Decreto No. 34-2000 y Decreto No. 93-2005.
- Decreto N° 46 "Ley del Derecho de Vía", publicado en La Gaceta, Diario Oficial N° 223 del 29 de septiembre de 1952.
- Ley N° 956 "Reforma al Arto. 3 de Ley sobre Derecho de Vía", publicado en La Gaceta, Diario Oficial N° 139 del 22 de junio de 1964.
- Decreto 229 "Ley de Expropiación", publicada en La Gaceta, Diario Oficial N.º 58 del 9 de marzo de 1976.
- Ley No. 698, "Ley General de los Registros Públicos, publicada en la Gaceta, Diario Oficial, No. 239 del 17 de diciembre del año 2009.
- Ley No. 509, "Ley General de Catastro Nacional, publicada en el Diario Oficial La Gaceta No. 11 del 17 de enero del año 2005.
- Ley No. 152 de Ley de Identificación Ciudadana. Aprobada el 27 de enero de 1993. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 46 del 5 de marzo de 1993 y sus Reformas Ley No. 975, Aprobada el 24 de mayo del 2018. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 104 del 01 de junio del 2018.
- Ley No. 475, Ley de Participación Ciudadana, La Gaceta Diario oficial No. 241 del 19 de diciembre del 2003.

- Ley 217 Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Aprobada el 27 de marzo de 1996. Publicada en La Gaceta, Diario Oficial Ni. 105 del 6 de junio de 1996 con sus reformas.
- Ley Orgánica De La Procuraduría General De La República, Aprobada el 4 de diciembre del 2001, Publicada en La Gaceta, Diario Oficial Ni 244 del 24 de diciembre de 2001
- Reglamento de La Ley Orgánica de la Procuraduría General de la República, Decreto Ejecutivo Ni 19-2009. Aprobado el 16 de marzo de 2009. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial Ni 59 del 26 de marzo de 2009.
- Reforma al Decreto No. 19-2009, Reglamento de La Ley Orgánica de La Procuraduría General De La República. Decreto No. 48-2010 Aprobado el 11 de agosto del 2010. Publicado en La Gaceta No. 179 del 21 de agosto del 2010.

Cabe señalar que el cuerpo de leyes indicadas, sólo constituyen un referente para su aplicación en lo que sea conducente y aplicable.

6. Estudio de Ingeniería

6.1.Georreferenciación y Estudio Topográfico

Esta primera etapa comprendió el establecimiento de los puntos de control base a los cuales se les transferiría coordenadas desde la red geodésica mundial. Los GPS se ubicaron distribuidos en pares al inicio, en medio y final del tramo en estudio, con referencia a estaciones de la red geodésica mundial para el traslado de sus coordenadas geográficas en el sistema geodésico WGS-84 16N-P. La Metodología empleada se detalla a continuación en diferentes etapas de trabajo para el tramo de carretera, de manera secuencial tal a como se ejecutó en la realidad todo el proceso correspondiente a la georreferenciación de puntos para el proyecto.

6.1.1. Monumentación de Puntos de Control Base (GPS)

Los Puntos Base GPS, estarán constituidos y/o consistirán en mojones de concreto simple 210 Kg/cm²; con dimensiones de 20 cm x 20 cm de sección y de 70 cm de altura; los cuales al momento del colado se les colocará un disco de bronce o aluminio de 6 cm de diámetro convexo con una marca puntual al centro. El disco metálico (bronce o aluminio) contará con

una varilla a manera de ancla para el empotramiento en el concreto del mojón al momento del colado, lo cual se ejecutará de la forma "colado in situ" o de igual forma en la modalidad de elemento prefabricado de concreto. (Para el caso de punto Georreferenciados GPS-y el número correspondiente, para el caso de puntos que conforman la línea base BM-y el número correspondiente). En el tramo de camino se estableció numeraciones consecutivas con series GPS-X, donde X varia de 1; para un total de catorce (14) pares de puntos que en total se hacen veintiocho (28) puntos GPS o mojones con coordenadas tridimensionales (E, N, Z).

6.1.2. Red Secundaria

Esta actividad consistió en términos generales en el traslado de las coordenadas geodésicas de los Puntos de Control Base (PCB) denominados de igual forma como puntos GPS aprobados por INETER, distanciados aproximadamente en longitudes de 1Km durante el proceso de Georreferenciación anteriormente descrito; hacia los puntos de BM's de la línea base constituidos por los puntos previamente ubicados entre cada par de GPS y posterior a éstos. El circuito resultó constituido entre catorce (14) pares de puntos de control base (GPS), un primer par que suministra los datos de salida y un segundo par con lo cual se controla la llegada.

La aplicación del mecanismo de trazo y medición de la poligonal sobre la línea base, se realiza de forma automática con el traslado de las coordenadas partiendo de un par de puntos que cuenta con dicha información, seguidamente estacionado en cada punto BM con vista atrás y con giro al siguiente punto BM de línea base y se obtiene el traslado de dichas coordenadas del punto donde está plantado hacia donde se gira. A continuación, se detalla el resumen de cálculos obtenidos para los 14 circuitos.

6.2.Levantamiento Topográfico

El aspecto topográfico se ejecutó utilizando los equipos topográficos electrónicos (Leica TS16 Plus), en conjunto con todos sus elementos; estuvieron orientadas específicamente al levantamiento físico del estado y situación de la franja de terreno del corredor del camino y en los sitios de interés donde se producen variaciones; dicha información se obtiene sin tener que realizar cálculo alguno.

La ejecución de este proceso conllevó el desarrollo de las diferentes fases de trabajo que generalmente están establecidas y comprendidas en los levantamientos topográficos de caminos y carreteras, y que corresponden principalmente a las siguientes:

- ✓ Monumentación de Puntos de Línea Base (BM's).
- ✓ Medición de Poligonal de Línea Base (BM's).
- ✓ Nivelación de Puntos de Línea Base (BM's).
- ✓ Levantamiento Plan altimétrico ó Seccionamiento del camino.
- ✓ Levantamiento del Drenaje.

Este proceso fue llevado a cabo en 2 etapas: La primera se dividió en 2 cuadrillas, la primera se encargó a través de una estación total Leica TS 16 PLUS de la definición de las poligonales del levantamiento topográfico (siendo estas poligonales abiertas de 1km aproximadamente entre 2 pares de GPS) y la segunda cuadrilla llevó a cabo la nivelación diferencial a partir de la elevación orthométrica del GPS corriéndola por los BMS y GPS; esta con un nivel Sokkia B40 y con dos (2) Estadías, de 5m, cuyas características corresponden las siguientes:

- ✓ Aumento: 24x.
- ✓ Apertura Objetiva: 32mm.
- ✓ Poder de Resolución: 4.
- ✓ Campo de Vista: 1.25.
- ✓ Enfoque mínimo: 0.2m.
- ✓ Imagen: Erecta.
- ✓ Imagen de la retícula: Cruz línea.
- ✓ Perilla de enfoque: 1- velocidad.

La segunda etapa se llevó a cabo por 2 brigadas de topografía (2); El Primer Grupo fue destinados a los levantamientos Planimétrico y Altimétricos, el otro grupo al levantamiento de obras de drenaje existentes y sitios a proponer, los cuales estaban debidamente equipado con Equipo Topográfico Electrónico denominados como Estación Total marca LEICA TS16 PLUS; cuyas características corresponden a las siguientes:

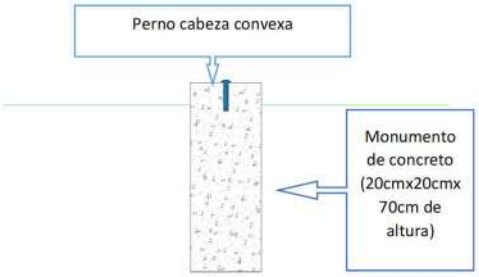
- ✓ 1.5m a 3500mm de alcance sin prisma
- ✓ 1mm + 1.5ppm / normalmente 2.4s

- ✓ 2mm + 2ppm / normalmente 3s
- ✓ 1'' (0.3 mgon), 2'' (0.6 mgon), 3'' (1 mgon),
- ✓ 5"(1.5 mgon) / normalmente 3-4 s
- ✓ Puntero y spot láser de medición coaxial.

6.3.Monumentación de Línea Base

Esta actividad comprendió todo el proceso de construcción de Los Puntos Base BMS, estarán constituidos y/o consistirán en mojones de concreto simple 210 Kg/cm²; con dimensiones de 20 cm x 20 cm de sección y de 70 cm de altura; los cuales al momento del colado se les colocará un disco de bronce o aluminio de 6 cm. de diámetro convexo con una marca puntual al centro. El disco metálico (bronce o aluminio) contará con una varilla a manera de ancla para el empotramiento en el concreto del mojón al momento del colado, lo cual se ejecutará de la forma "colado in situ" o de igual forma en la modalidad de elemento prefabricado de concreto.

Figura 1. Monumentación de Línea Base



6.4.Nivelación de Puntos de la Línea Base.

Se realizó a partir de una nivelación diferencial con nivel de precisión, en circuitos cerrados de ida y regreso, entre uno y otro BM que, para efectos del aspecto altimétrico, estos puntos corresponden a lo que se denomina como BM´s, aplicando el principio de la nivelación de BM's que generalmente se ejecuta en los diferentes proyectos de carretera. Para esta nivelación diferencial se compraron dos puntos geodésicos a INETER, sin embargo, no se encontró ninguno de los 2, posiblemente debido a que ambos fueron removidos.

Por lo tanto, se tomó la altura Ortho métrica del **GPS-1** cuya elevación es de ***393.877 m,*** luego se corrió la elevación al **GPS-1C la cual es de 450.103 m** a través de la nivelación diferencial por el método de circuitos cerrados de ida y regreso para las 14 Poligonales, de los circuitos cerrados se obtienen dos niveles diferenciales entre cada par de monumentos

(BM's), la sustracción de ambos resultados tiene que ser menor a la tolerancia establecida para el este proyecto que será regida por la siguiente formula:

$$Precisión = 12mm\sqrt{k} \quad (Ec.1)$$

Donde k representa la distancia recorrida total del circuito ida y regreso en Km y el resultado es obtenido en mm. El ajuste compensado de la nivelación no es más que el resultado promedio de la nivelación diferencial de ida y la de regreso.

$$Nivel\ Diferencial = \frac{Diferencia\ de\ Nivel\ de\ Ida + Diferenc\quad de\ nivel\ de\ Regreso}{2} \quad (Ec.2)$$

6.5.Trazo, Medición y Establecimiento del eje de la Poligonal Base.

El método de compensación utilizado es el *Método de la Brújula*, dicho método corrige todos los ángulos aplicando como corrección el error angular dividido por el número de vértices de la poligonal abierta, y el error lineal se elimina corrigiendo las proyecciones ortogonales calculadas de cada uno de los lados del polígono, mediante una corrección por unidad de longitud, que se obtiene dividiendo el error en cada dirección de la proyección por el perímetro del polígono:

Cálculo de factores de corrección para las proyecciones "X" y "Y":

$$K(x,y) = \frac{error\ de\ cierre\ lineal\ por\ proyección}{Perímetro\ de\ la\ poligonal} \quad (Ec.3)\ \textbf{"X" y "Y"}$$

Cálculo de correcciones sobre las proyecciones "X" y "Y".

$$C(x,y) = K(x,y) * L\ (Ec.4)$$

Donde L representa la longitud del lado de la poligonal a corregir.

6.6.Resumen de cálculos de Control Horizontal

Tabla 2. Resumen de Cálculos de precisión del Circuito 1 TRAMO I

RESUMEN DE CIRCUITO Nº1 POLIGONAL GPS-1C/GPS-2C - GPS-3C/GPS-4C FINAL		
Longitud de la Poligonal (m).	**1419.082 m**	
PARAMETROS ANGULARES.	**Gº. M. S.**	**Gº.Decim.**
Llegada Angular al par de Puntos GPS 3C A GPS 4C	332.565	332.9472222
Azimut G.P.S. Real Geodésico. (GPS 3C A GPS 4C)	333.0201	333.0336111
Error Angular de Campo.	0.0511	0.086388889
PARAMETROS LINEALES.	**Coord. Este (X)**	**Coord. Norte (Y)**
Coordenadas de llegada al Punto GPS-3C	592163.529	1307914.799
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto GPS-3C	592163.549	1307914.862
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.	-0.020	-0.063
PRESICIONES ALCANZADAS.	**1/21,469**	

Tabla 3. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 2 TRAMO I

RESUMEN DE CIRCUITO Nº2 POLIGONAL GPS-3C/GPS-4C - GPS-5C/GPS-6C FINAL		
Longitud de la Poligonal (m).	**1270.777 m**	
PARAMETROS ANGULARES.	**Gº. M. S.**	**Gº.Decim.**
Llegada Angular al par de Puntos GPS 5C GPS 6C	62.1143	62.19527778
Azimut G.P.S. Real Geodésico. (GPS 5C A GPS 6C)	62.0211	62.03638889
Error Angular de Campo.	0.0932	0.158888889
PARAMETROS LINEALES.	**Coord. Este (X)**	**Coord. Norte (Y)**
Coordenadas de llegada al Punto GPS-5C	592795.101	1308952.836
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto GPS-5C	592795.15	1308952.909
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.	-0.049	-0.073
PRESICIONES ALCANZADAS.	**1/14,447**	

Tabla 4. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 3 TRAMO I

RESUMEN DE CIRCUITO Nº3 POLIGONAL GPS-5C/GPS-6C -GPS-7C/GPS-8C FINAL		
Longitud de la Poligonal (m).	**739.209 m**	
PARAMETROS ANGULARES.	**Gº. M. S.**	**Gº.Decim.**
Llegada Angular al par de Puntos GPS 7C A GPS 8C	38.3226	38.54055556
Azimut G.P.S. Real Geodésico. (GPS 7C A GPS 8C)	38.3401	38.56694444
Error Angular de Campo.	0.0136	0.026388889
PARAMETROS LINEALES.	**Coord. Este (X)**	**Coord. Norte (Y)**
Coordenadas de llegada al Punto GPS-7C	593169.346	1309508.831
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto GPS-7C	593169.368	1309508.854
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.	-0.022	-0.023
PRESICIONES ALCANZADAS.	**1/10,237**	

Tabla 5. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 4 TRAMO I

RESUMEN DE CIRCUITO Nº4 POLIGONAL GPS-7C/GPS-8C - GPS-9C/GPS-10C - FINAL		
Longitud de la Poligonal (m).	**1132.53 m**	
PARAMETROS ANGULARES.	**Gº. M. S.**	**Gº.Decim.**
Llegada Angular al par de Puntos GPS 9C A GPS 10C	73.1412	73.2366667
Azimut G.P.S. Real Geodésico. (GPS 9C A GPS 10C)	73.0958	73.1661111
Error Angular de Campo.	0.0415	0.0705556
PARAMETROS LINEALES.	**Coord. Este (X)**	**Coord. Norte (Y)**
Coordenadas de llegada al Punto GPS-9C	593964.823	1310338.487
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto GPS-9C	593964.841	1310338.588
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.	-0.018	-0.101
PRESICIONES ALCANZADAS.	**1/23,225**	

Tabla 6. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 5 TRAMO I

RESUMEN DE CIRCUITO Nº5 POLIGONAL GPS-9C/GPS-10C - GPS-11C/GPS-12C FINAL		
LONGITUD DE LA POLIGONAL (M).	**1422.24 M**	
PARAMETROS ANGULARES.	**Gº. M. S.**	**Gº.Decim.**
Llegada Angular al par de Puntos GPS 11C A GPS 12C	81.0421	81.0725
Azimut G.P.S. Real Geodésico. (GPS 11C A GPS 12C)	81.0015	81.0041667
Error Angular de Campo.	0.0407	0.0683333
PARAMETROS LINEALES.	**Coord. Este (X)**	**Coord. Norte (Y)**
Coordenadas de llegada al Punto GPS-11C	595044.007	1311095.554
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto GPS-11C	595044.062	1311095.647
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.	-0.055	-0.093
PRESICIONES ALCANZADAS.	**1/11,039**	

Tabla 7. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 6 TRAMO I

RESUMEN DE CIRCUITO Nº6 POLIGONAL GPS-11C/GPS-12C - GPS-13C/GPS-14C FINAL		
LONGITUD DE LA POLIGONAL (M).	**696.736 M**	
PARAMETROS ANGULARES.	**Gº. M. S.**	**Gº.Decim.**
Llegada Angular al par de Puntos GPS-13C/GPS-14C	113.1327	113.2241667
Azimut G.P.S. Real Geodésico. (GPS-13C/GPS-14C)	113.0733	113.1258333
Error Angular de Campo.	0.0555	0.0983333
PARAMETROS LINEALES.	**Coord. Este (X)**	**Coord. Norte (Y)**
Coordenadas de llegada al Punto GPS-12C	595605.311	1311511.564
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto GPS-13C	595605.298	1311511.625
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.	0.013	-0.061
PRESICIONES ALCANZADAS.	**1/13,163**	

Tabla 8. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 7 TRAMO I

RESUMEN DE CIRCUITO Nº7 POLIGONAL GPS-13C/GPS-14C - GPS-15C/GPS-16C - FINAL		
Longitud de la Poligonal (m).	**194.661 m**	
PARAMETROS ANGULARES.	**Gº. M. S.**	**Gº.Decim.**
Llegada Angular al par de Puntos GPS-13C/GPS-14C	205.1507	205.2519444
Azimut G.P.S. Real Geodésico. (GPS-13C/GPS-14C)	205.1224	205.2066667
Error Angular de Campo.	0.0243	0.0452778
PARAMETROS LINEALES.	**Coord. Este (X)**	**Coord. Norte (Y)**
Coordenadas de llegada al Punto GPS-12C	595820.929	1311388.643
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto GPS-13C	595820.934	1311388.625
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.	-0.005	0.018
PRESICIONES ALCANZADAS.	**1/10,420**	

Tabla 9. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 8 TRAMO II

RESUMEN DE CIRCUITO Nº8 POLIGONAL GPS19/GPS20 - GPS21/GPS22		
Parámetros Angulares		
Cierre angular en Puntos de Control [GPS21 -GPS22]		298° 46' 25"
Rumbo Geodésico Real [GPS21 -GPS22]		298° 52' 51"
Error angular de campo a distribuir		0° 0' 386"
Parámetros Lineales		
Longitud Total de la Poligonal (m)	**1,015.863**	
	ΔX	**ΔY**
Coordenadas de Llegada al punto de control (GPS21)	595,942.9450	1,312,120.8710
Coordenadas Geodésicas Reales (GPS21)	595,943.0070	1,312,120.9510
Error Lineal por proyección	-0.06200	-0.0800000
Error de Cierre Lineal	0.1012	
Error de Cierre Permisible 1:10,000	**0.1016**	
Precisión Alcanzada	**1: 10,037**	

Tabla 10. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 9 TRAMO II

RESUMEN DE CIRCUITO Nº9 POLIGONAL GPS21/GPS22 - GPS23/GPS24		
Parámetros Angulares		
Cierre angular en Puntos de Control [GPS23 REAL-GPS24 REAL]		327° 46' 60"
Rumbo Geodésico Real [GPS23 REAL-GPS24 REAL]		327° 50' 34"
Error angular de campo a distribuir		0° 0' 214"
Parámetros Lineales		
Longitud Total de la Poligonal (m)	**1,041.991**	
	ΔX	**ΔY**
Coordenadas de Llegada al punto de control (GPS23)	595,833.3090	1,313,139.0760
Coordenadas Geodésicas Reales (GPS23)	595,833.3600	1,313,139.1640
Error Lineal por proyección	-0.05100	-0.0880000
Error de Cierre Lineal	0.1017	
Error de Cierre Permisible 1:10,000	**0.1042**	
Precisión Alcanzada	**1: 10,245**	

Tabla 11. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 10 TRAMO II

RESUMEN DE CIRCUITO Nº10 POLIGONAL GPS23/GPS24 - GPS25/GPS26		
Parámetros Angulares		
Cierre angular en Puntos de Control [GPS25 REAL-GPS26]		**13° 4' 23"**
Rumbo Geodésico Real [GPS25 REAL-GPS26]		13° 3' 14"
Error angular de campo a distribuir		0° 0' 69"
Parámetros Lineales		
Longitud Total de la Poligonal (m)	**1,016.641**	
	ΔX	**ΔY**
Coordenadas de Llegada al punto de control (GPS25)	595,880.4990	1,314,125.4890
Coordenadas Geodésicas Reales (GPS25)	595,880.5590	1,314,125.5620
Error Lineal por proyección	-0.06000	-0.0730000
Error de Cierre Lineal	0.0945	
Error de Cierre Permisible 1:10,000	**0.1017**	
Precisión Alcanzada	**1: 10,759**	

Tabla 12. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 11 TRAMO II

RESUMEN DE CIRCUITO Nº11 POLIGONAL GPS25/GPS26 - GPS27/GPS28		
Parámetros Angulares		
Cierre angular en Puntos de Control [GPS27 -GPS28]		48° 24' 53"
Rumbo Geodésico Real [GPS27 - GPS28]		48° 25' 55"
Error angular de campo a distribuir		0° 0' 62"
Parámetros Lineales		
Longitud Total de la Poligonal (m)	**1,035.084**	
	ΔX	**ΔY**
Coordenadas de Llegada al punto de control (GPS27)	596,542.1320	1,314,988.7560
Coordenadas Geodésicas Reales (GPS27)	596,542.1520	1,314,988.8550
Error Lineal por proyección	-0.02000	-0.0990000
Error de Cierre Lineal	0.1010	
Error de Cierre Permisible 1:10,000	**0.1035**	
Precisión Alcanzada	**1: 10,248**	

Tabla 13. Resumen de cálculos de precisión de Circuito 12 TRAMO II

RESUMEN DE CIRCUITO Nº12 POLIGONAL GPS27/GPS28 - GPS29/GPS30		
Parámetros Angulares		
Cierre angular en Puntos de Control [GPS29 -GPS30]		**252° 1' 49"**
Rumbo Geodésico Real [GPS29 - GPS30]		**252° 3' 52"**
Error angular de campo a distribuir		**0° 0' 123"**
Parámetros Lineales		
Longitud Total de la Poligonal (m)	**987.463**	
	ΔX	**ΔY**
Coordenadas de Llegada al punto de control (GPS29)	**597,605.7380**	**1,315,745.3790**
Coordenadas Geodésicas Reales (GPS29)	**597,605.8330**	**1,315,745.3920**
Error Lineal por proyección	**-0.09500**	**-0.0130000**
Error de Cierre Lineal	**0.0959**	
Error de Cierre Permisible 1:10,000	**0.0987**	
Precisión Alcanzada	**1: 10,298**	

6.7.Levantamiento Plan Altimétrico y Detalles del Camino.

Esta actividad fue ejecutada en campo, haciendo uso del equipo topográfico (Estación Total) para el levantamiento de la información topográfica, para la determinación de la franja de terreno referente al derecho de vía del camino existente. De la misma manera, para la realización de esta actividad fue necesario la aplicación de la metodología del seccionamiento transversal del camino, el cual consiste en el levantamiento de puntos a manera de secciones transversales distanciadas cada 20m una de otra, identificando principalmente el centro del camino, orillas, cercas del derecho de vía y cualquier otro punto que presente irregularidad topográfica respecto al resto del terreno, el área de estudio se extiende a un total de 20m lineales a cada lado del eje central de la calle existente.

Estos levantamientos se realizaron a partir de cada uno de los Puntos de control establecidos y controlado a través de los circuitos de poligonales denominados como BM's, desde los cuales se obtuvieron las coordenadas de ubicación y la correspondiente elevación de cada uno de los puntos de dicha sección. De manera similar, se obtuvo la información de la ubicación de los puntos que constituían cada una de las infraestructuras existentes en la franja de terreno en cuestión; muros, casas, postes del tendido eléctrico y telefónico, etc.; toda esta información fue almacenada de manera automática en la memoria del equipo electrónico para posteriormente ser procesada a nivel de gabinete.

Básicamente, a partir de este levantamiento se obtuvieron archivos del tipo *.txt (PNEZD), conteniendo cada punto la ubicación tridimensional (Coordenadas Norte, Coordenadas Este, Elevación, Descripción) referida al sistema de coordenadas en que previamente se había enmarcado la poligonal base conformada por los Puntos de la Línea Base o puntos BM's. A continuación, se describe la codificación utilizada para la ejecución de los levantamientos:

Tabla 14. Lista de Códigos del Levantamiento Topográfico.

N°	CÓDIGO	Q-CODE	DESCRIPCIÓN
1	Sección	1	Secciones Transversales
2	Orilla de Camino	2	Punto Auxiliar
3	LC	3	Centro del camino
4	Bordillo	4	Borde y/o centro de calle existente
5	Poste Luminaria	5	Borde y/o centro de cauces
6	Árbol	6	Arboles Ø>0.6m dentro del derecho de vía
7	Anden	7	Andenes existentes
8	Cerco de Púas	8	Cercos de alambre de púas

9	Muro de Concreto	9	Muro de Concreto
10	Aux	10	Punto Auxiliar
11	Poste Telefónico	11	Poste Luminaria
12	Canal	12	Bode de Canal
13	Rotulo	13	Rótulos
14	Tragante Agua Pluvial	14	Bode de Tragante pluvial
15	Fondo Cuneta O Canal	15	Pie de Canal
16	Torre Alta Tensión	16	Postes de tendido eléctrico
17	Verjas	17	Verjas
18	Acera	18	Acera existente
19	Caseta	19	Esquina de caseta
20	Casa	20	Esquinas de casa
21	PVP	21	Pozos de visita pluviales
22	PVS	22	Pozos de visita sanitarios
23	Portón de Acceso	23	Portón de hierro, madera u otros materiales
24	Eje de Tubería	24	Eje de tubería de agua potable o sanitaria
25	Malla	25	Pie de Malla ciclón
26	Rampa	26	Pie y borde de rampa
27	SPT	27	Sondeo hecho con SPT
28	Caja de Registro	28	Cajas de Registro existente
29	Gradas	29	Gradas existentes
30	Aletones ALC	30	Aletos de alcantarilla transversal
31	Cabezal ALC	31	Cabezal de alcantarilla transversal
32	BMS	32	Banco de Marca
33	GPS	33	Punto Geodésico
34	Nivel de Piso	34	Nivel de piso de edificación
35	Sondeo Manual	35	Puntos de puente
36	Borde de Rio	36	Orilla de rio
37	Pie de Rio	37	Fondo del eje del rio
38	Parqueo	38	Borde o pie de parqueo
39	Tubería PVC	39	Eje de tubería de agua potable PVC
40	Grifo	40	Grifo de agua potable
41	Panel Eléctrico	41	Panel eléctrico
42	Viga	42	Viga de concreto u otros materiales
43	Columnas	43	Columnas de concreto u otros materiales
44	Esquina Edificio	44	Esquina de edificio de concreto
45	Esquina Solar	45	Esquina de terreno
46	Muro de Loseta	46	Pie y borde de muro de loseta prefabricada
47	Vado	47	Vado de aguas
48	Hidrante	48	Hidratante
49	Mojones de KM	49	Poste de kilometro
50	Parapeto	50	Parapeto de Puente o Caja puente
51	Caja Puente	51	Caja Puente
52	Tanque de Agua/Torre	53	Torre y Tanque de agua
53	Invert Entrada	54	Invert entrada de Tubería
54	Invert Salida	55	Invert de salida de Tubería
55	Pila Puente	56	Borde o pie de parqueo
56	Caja Telefónica	57	Caja de control telefónico
57	Caja Eléctrica	58	Caja de control eléctrico
58	Gasolinera	59	Gasolinera

59	Orilla Adoquín	60	Orilla de adoquinado
60	Orillas Pavimento	61	Orilla de Camino pavimentado
61	Camino de Tierra	62	Orilla o eje de camino de tierra
62	Referencias	63	Referencias de BM'S
63	Pie	64	Pie de borde
64	Señal de Transito	65	Señal de Transito
65	Jardinera	66	Jardinería
66	PE	67	Poste eléctrico
67	CK	68	Punto de chequeo
68	Zampeado	69	Zampeado de alcantarilla
69	Secciones Rio	70	Secciones Transversales de Rio
70	Caja de Gasolina	71	Caja de Gasolinera
71	Palmera	72	Árbol Palmera
72	Caseta De Buses	73	Caseta de buses
73	Medidores de Agua	80	Medidores de agua potable
74	Parqueo	83	Pie o borde de parqueo
75	Cancha	84	Cancha deportiva
76	Iglesia	85	Esquinas de Iglesia
77	PTAR	86	Planta de Tratamiento
78	Llave de Pase	87	Llave de pase
79	Nivel de Agua PTAR	100	Nivel de agua de planta de tratamiento
80	Tubería de Acero	110	Tubería de acero
81	Área De Secado	111	Área de secado
82	Nivel de Tapa de las CR	113	Nivel de tapa de Caja de Registro
83	Letrina	114	Letrina
84	Cortina	115	Cortina de Alcantarilla
85	Caja Colectora	117	Caja Colectora Pluvial o Sanitaria
86	Pozo	118	Pozo manual o con bomba
87	Antena	119	Antena telefónica
88	Kiosko	120	Quiosco
89	Generador	121	Generador eléctrico
90	Sumidero	122	Sumidero
91	Antenade Radio	123	Antena de radio
92	Losa de Concreto	124	Losa de Concreto
93	Cerco de Zinc	125	Cerco de Zinc
94	Reductores De Velocidad	126	Reductores de velocidad existente
95	Acceso Pavimento	127	Acceso de Pavimento
96	Acceso Adoquinado	128	Acceso de Adoquinado
97	Acceso de Tierra	129	Acceso de Tierra
98	Poste Eléctrico Concreto	130	Poste eléctrico de concreto
99	Poste Eléctrico Metal	131	Poste eléctrico de metal
100	Orilla Concreto Hidráulico	132	Orilla de Concreto hidráulico
101	Borde de Cauce	133	Borde de Cauce
102	Pie de Cauce	134	Pie de Cauce
103	Muro de Piedras	135	Muro de Piedra Cantera

Dichos códigos son apreciables en la base de datos CIVIL 3D, Base de datos *.txt , y libretas de línea.

6.8.Recepción, Control y Revisión de la información topográfica de campo.

A través del ingeniero de campo en el sitio de proyecto, de manera periódica se procedía a extraer la información contenida en la memoria electrónica de cada Estación Total consistente en los archivos *.txt. La secuencia de extracción de datos de la memoria electrónica correspondió al siguiente orden de información de campo:

- Libretas de campo correspondiente a la nivelación diferencial entre los puntos de la línea base (BM'S), conocida en el ámbito topográfico como nivelación de BM'S.
- Información electrónica en archivos del trazo y medición de la poligonal de línea base, consistente en la obtención de las coordenadas de los puntos BM'S
- Información electrónica en archivos del levantamiento plan altimétrico correspondiente al seccionamiento del camino con sus detalles.
- Información electrónica en archivos correspondiente al levantamiento de los sitios de drenaje.

6.9.Procesamiento de la Información Topográfica de Campo

Este trabajo está orientado principalmente hacia la recepción y el control de la información proveniente de campo y específicamente de los equipos topográficos electrónicos (Estación Total) con los cuales se realizó el levantamiento de la información topográfica de campo. Con la obtención de los archivos *txt se procedió a la inserción de dichos puntos al software de modelado tridimensional ***Autodesk AutoCAD Civil 3D v2020,*** donde a partir de una plantilla personalizada se plasma de manera eficaz la codificación de los puntos levantados.

6.10. Levantamiento de Intersecciones

Se levantó La intersección en el estacionamiento 0+000 en el Emp. Santa Teresa, con todos sus detalles, al igual que las intersecciones que cruzan por el municipio El Rosario y su comarca El Panamá (0+920 – 2+220) también se levantó la intersección (10+640) sobre carretera N-18A la cual se ubica del municipio de Masatepe hacia Catarina.

6.11. Levantamiento de Detalles y Secciones

Luego de definir las poligonales se procedió al levantamiento del drenaje y paralelamente a levantar los detalles del camino existente, tanto el eje como orillas, árboles, postes, cercos, casas, etc. Además, se levantaron secciones del sitio con el fin de utilizar dicha base de datos

para la creación de la superficie en Civil 3D y luego proceder con el diseño preliminar del Proyecto.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

1. Área de localización del estudio

Se localiza en el suroeste de Nicaragua, abarcando parte de los departamentos de Carazo y Masaya, específicamente en los municipios de Santa Teresa, El Rosario, Masatepe y Niquinohomo, áreas por donde se desarrolla el proyecto de mejoramiento vial del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. El trazado del proyecto comprende una longitud total aproximada de 10.66 km, clasificados dentro de la Red Vial No Básica (NN-196 y NN-201), y se extiende desde el Empalme de Santa Teresa (Km 51 de la Carretera Panamericana Sur NIC-2), hasta la entrada al poblado de Niquinohomo. El tramo en estudio se encuentra dividido en dos segmentos principales:

- **Tramo I:** Empalme Santa Teresa – Las Crucitas, con una longitud de aproximadamente 6.18 km, sin trazado vial previamente definido.
- **Tramo II:** Las Crucitas – Niquinohomo, con 4.47 km, correspondiente a un camino vecinal existente en condiciones regulares a malas.

Esta zona se caracteriza por un entorno rural, con presencia de comunidades dispersas, tales como El Rosario, Divino Niño, El Panamá, San Isidro, La Cruz Santa Rita, Santo Domingo Las Colinas, Las Crucitas, La Curva y La Marimba, cuyas dinámicas sociales y económicas dependen en gran medida de la accesibilidad vial. En estos territorios predominan actividades agrícolas, pecuarias y de pequeño comercio, y existe una creciente demanda de infraestructura vial que garantice conectividad segura y eficiente hacia centros de salud, educativos, mercados y nodos de transporte intermunicipal.

El área de estudio presenta condiciones topográficas variables, con predominio de terrenos montañosos con pendientes entre 20% y 30%, lo que ha influido en el deterioro progresivo del camino actual y representa un desafío técnico en el diseño geométrico y estructural del nuevo trazado. Asimismo, el camino atraviesa microcuencas susceptibles a inundaciones y erosión, lo que hace indispensable incorporar soluciones hidrotécnicas adecuadas en el diseño final del proyecto.

La elección de esta área responde tanto a la urgencia de resolver problemáticas críticas de conectividad, como a su potencial para dinamizar procesos de desarrollo económico, social

y turístico, al integrarse dentro del eje de los "Pueblos Blancos" del Pacífico Sur nicaragüense, una de las regiones con mayor riqueza cultural y vocación productiva del país.

2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período

La presente investigación se enmarca en un estudio de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo-descriptivo y analítico, orientado a resolver una problemática concreta de infraestructura vial en el contexto territorial de los municipios de Santa Teresa, El Rosario, Masatepe y Niquinohomo. La finalidad del estudio es generar conocimientos técnicos pertinentes que sirvan como base para la toma de decisiones en materia de planificación, diseño y ejecución de obras de mejoramiento vial, en función de criterios de factibilidad técnica, social, ambiental y económica.

Desde el punto de vista del enfoque metodológico, se adopta un paradigma cuantitativo, sustentado en la recolección, procesamiento y análisis de datos técnicos objetivos provenientes de estudios especializados, tales como análisis de tráfico, estudios topográficos, geotécnicos, hidrotécnicos, socioeconómicos y ambientales. Esta información es sistematizada a través de herramientas de modelación, cálculo estructural y proyecciones estadísticas, a fin de sustentar la viabilidad del diseño y dimensionamiento de la infraestructura propuesta.

En cuanto a la amplitud, el estudio es de carácter descriptivo-explicativo, dado que no solo se limita a describir las condiciones actuales del camino y su entorno (trazado, superficie de rodamiento, señalización, flujos vehiculares, entorno natural y socioeconómico), sino que además explica las causas del deterioro, identifica las amenazas y riesgos existentes, y propone alternativas técnicas de solución para mitigar los impactos negativos y potenciar los beneficios del proyecto.

Con respecto a su período temporal, se clasifica como un estudio transversal y proyectivo. Es transversal, en tanto el diagnóstico se realiza sobre un corte específico del tiempo (año 2024), con base en los datos obtenidos en campo, mientras que es proyectivo porque incorpora modelos de crecimiento del tráfico vehicular, demanda futura y criterios de diseño vial con horizonte de planificación a 20 años, conforme a las normas de diseño estructural y económico del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Este tipo de estudio responde a los lineamientos establecidos en la Normativa para la Culminación de Estudios de Posgrado de la UNI (2025), la cual promueve investigaciones que integren conocimiento técnico especializado con pertinencia territorial y capacidad de impacto en la solución de problemas nacionales, especialmente en sectores estratégicos como infraestructura, transporte y desarrollo local.

3. Población, muestra

La población objeto de estudio en esta investigación está conformada por los habitantes, actores institucionales y usuarios viales de las comunidades localizadas a lo largo del tramo propuesto para el mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo, perteneciente a los municipios de Santa Teresa, El Rosario, Masatepe y Niquinohomo, en los departamentos de Carazo y Masaya.

Esta población incluye tanto a los beneficiarios directos (productores agropecuarios, estudiantes, comerciantes, transportistas y peatones residentes en las comunidades El Rosario, Divino Niño, San Isidro, La Cruz Santa Rita, Santo Domingo Las Colinas, Las Crucitas, La Curva y La Marimba), como a los beneficiarios indirectos (usuarios provenientes de otras localidades que utilizan el tramo como vía alterna para evitar el tránsito por la carretera Masaya–Granada).

Dado el enfoque multidisciplinario del estudio, se consideran también como parte de la población actores institucionales clave, tales como representantes de las alcaldías municipales, líderes comunitarios, directores de centros escolares, operadores de transporte colectivo y técnicos del MTI vinculados a la planificación de infraestructura vial.

3.1. Tipo de muestra y muestreo

El tipo de muestra empleada en esta investigación es de carácter no probabilístico e intencional, seleccionada con base en criterios de pertinencia y representatividad para el análisis técnico y social del proyecto.

Para el componente social, se seleccionaron unidades muestrales según su grado de exposición al problema de conectividad vial y su dependencia directa de la vía proyectada. Se priorizó la participación de personas y sectores que representan usos críticos del camino (transporte escolar, transporte de productos agrícolas, actividades religiosas y comerciales).

El criterio de saturación informativa se aplicó para determinar el número de actores clave entrevistados.

En el componente técnico, el muestreo responde a los puntos establecidos en los estudios de tráfico, topografía, geotecnia y estructuras ya desarrollados por la firma consultora DYSCONCSA (2024). Estos puntos fueron definidos con base en parámetros normativos del MTI, distancias entre estaciones de muestreo (cada 250 m), zonas críticas de tránsito, geometría del terreno y ubicación de estructuras de drenaje, intersecciones y obras complementarias.

3.2.Técnicas e instrumentos de la investigación

La investigación emplea una combinación de técnicas de recolección de datos cuantitativos y cualitativos, con el fin de triangular información y garantizar la validez del análisis integral del proyecto.

Técnicas Utilizadas:

- **Observación directa y registro fotográfico**: aplicada en el recorrido del tramo para documentar el estado físico del camino, señalización, zonas de riesgo, condiciones de drenaje y accesibilidad.
- **Entrevistas semiestructuradas**: dirigidas a líderes comunitarios, técnicos municipales, docentes y usuarios viales frecuentes, para conocer su percepción sobre los problemas actuales y los beneficios esperados del proyecto.
- **Encuestas socioeconómicas**: aplicadas a residentes en las comunidades del tramo, orientadas a recoger datos sobre movilidad, riesgos viales, acceso a servicios y condiciones de transporte.
- **Revisión documental**: análisis de informes técnicos, mapas, normativas (AASHTO, RNC-07, Manuales MTI), Planes Municipales de Desarrollo y documentos de estudios previos.

Instrumentos aplicados:

- Guía de observación estructurada.
- Formulario de encuesta con escala Likert.
- Guía de entrevista con preguntas abiertas.
- Ficha técnica para el análisis de infraestructura existente.

- Cuadro de matriz de riesgos y limitantes del tramo vial.

La información recolectada será procesada mediante análisis estadístico descriptivo (frecuencias, promedios, tasas) y análisis cualitativo categorial, con apoyo de software especializado (Excel, SPSS y ATLASTI en caso de análisis de contenido cualitativo), permitiendo la articulación entre las variables técnicas y sociales del estudio.

4. Diseño

El diseño metodológico adoptado en esta investigación es de tipo no experimental y transversal, con un enfoque mixto, en el que predominan los métodos cuantitativos, complementados por técnicas cualitativas para contextualizar el análisis técnico con la dimensión social del territorio. Este diseño permite caracterizar el estado actual del camino, identificar los factores de riesgo asociados a la seguridad vial y estimar los beneficios sociales, ambientales y económicos esperados con la ejecución del proyecto.

El estudio se estructura bajo una lógica diagnóstica-explicativa y proyectiva, que integra datos empíricos provenientes de observaciones en campo, encuestas, entrevistas, así como estudios técnicos especializados ya realizados (tráfico, geotecnia, hidrología, diseño estructural y ambiental), garantizando así la consistencia entre el análisis técnico y las necesidades reales de los actores locales involucrados.

4.1.Recolección de Datos

La recolección de datos se ejecutó mediante una estrategia organizada en tres niveles:

Nivel técnico: Se utilizaron los resultados derivados de los estudios de prefactibilidad, tráfico, topografía, geotecnia, diseño estructural y ambiental realizados por DYSCONCSA en el marco del proyecto 2024. Estos estudios proporcionan información cuantificable sobre el estado del camino, capacidad estructural, características geométricas, flujos vehiculares, niveles de servicio, tasa de crecimiento del tránsito y vulnerabilidades físicas.

Nivel territorial-comunitario: Se aplicaron encuestas y entrevistas a residentes de las comunidades ubicadas en los tramos Empalme Santa Teresa – Las Crucitas y Las Crucitas – Niquinohomo, con el propósito de comprender las dinámicas de movilidad, percepción de riesgo, acceso a servicios y condiciones de vida asociadas a la infraestructura vial. Se

consideraron variables como edad, género, frecuencia de desplazamiento, medios de transporte utilizados y experiencias de accidentes o dificultades viales.

Nivel institucional: Se realizaron entrevistas semiestructuradas a técnicos municipales, personal del MTI y líderes comunitarios, quienes aportaron información clave sobre los antecedentes del tramo, necesidades de intervención, gestión de riesgos y expectativas de impacto del proyecto.

La recolección de datos se desarrolló de forma presencial, complementada por revisión documental y mapeo participativo, respetando los principios éticos de consentimiento informado y confidencialidad de la información.

4.2.Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

Para asegurar la calidad metodológica del estudio, se aplicaron los siguientes criterios de rigor científico:

Credibilidad: Se fortaleció mediante la triangulación de fuentes (comunidad, expertos, datos técnicos) y métodos (cuantitativos y cualitativos), así como a través de la validación de los instrumentos aplicados por especialistas en investigación y vialidad. Además, se incorporaron narrativas de actores locales que enriquecen la interpretación de los hallazgos y confirman la pertinencia de las propuestas.

Confiabilidad: Se garantizó mediante la aplicación sistemática y estandarizada de los instrumentos de recolección de datos. Los procedimientos fueron replicables, con registros completos, auditables y coherentes en todas las unidades de análisis. Asimismo, se utilizó software estadístico para el procesamiento de los datos cuantitativos y matrices categoriales para el análisis cualitativo, minimizando errores y sesgos de interpretación.

Transferibilidad: Aunque el estudio se desarrolla en un contexto geográfico específico, las metodologías y enfoques utilizados pueden ser adaptados a otros proyectos de mejoramiento vial en zonas rurales del país con condiciones similares.

Dependencia institucional: La investigación se alinea con los objetivos de formación establecidos por la Normativa para la Culminación de Estudios de Posgrado de la UNI (2025), asegurando que los procesos sean éticamente responsables, técnicamente válidos y académicamente pertinentes.

5. Operacionalización de variables

Tabla 15. Operacionalización de Variables

Variable	Instrumento de medición	Unidad	Frecuencia de monitoreo
Estado físico del camino	Ficha técnica de observación / Registro fotográfico	Kilómetro lineal / % dañado	Una vez (fase diagnóstica)
Índice de accidentalidad vial	Encuesta a usuarios / Entrevistas a líderes locales	Número de accidentes reportados	Trimestral (estimación proyectiva)
Caudal de escorrentía superficial	Estudio hidrotécnico / Modelo HEC-HMS	Litros por segundo (l/s)	Anual (durante etapa de diseño)
Frecuencia de uso del camino	Encuesta comunitaria / Conteo vehicular	Vehículos por día (TPDA)	Diario (muestreo puntual representativo)
Accesibilidad a servicios básicos	Encuesta comunitaria	Minutos promedio por viaje	Semestral (comparativo antes/después)
Nivel de exposición de peatones Afectaciones por ganado en vía	Encuesta / Observación directa Entrevista / Registro comunitario	% de usuarios que transitan a pie Número de incidentes reportados	Semestral (etapa de seguimiento) Trimestral (seguimiento a impactos)
Calidad del drenaje existente Percepción de seguridad vial	Inspección técnica / Ficha estructural Escala Likert en encuesta	Número de obras funcionales Nivel (bajo, medio, alto)	Una vez (fase de diagnóstico) Semestral
Condiciones de iluminación y señalización	Observación directa / Lista de verificación	Número de puntos sin señalización	Una vez (diagnóstico inicial)

6. Análisis de datos

Se estructura a partir del enfoque mixto adoptado, integrando procedimientos cuantitativos y cualitativos que permitan interpretar de manera integral los hallazgos obtenidos en las distintas fases del estudio. Desde la perspectiva cuantitativa, se aplicaron métodos estadísticos descriptivos para procesar los datos obtenidos mediante encuestas, conteos vehiculares, inventarios de infraestructura y observaciones de campo. Estos datos fueron organizados en matrices y tratados con apoyo de software especializado como Microsoft Excel y SPSS, lo que permitió calcular frecuencias, promedios, porcentajes, tasas de uso y distribución modal del transporte, entre otras métricas relevantes.

Este tratamiento estadístico facilitó la caracterización del comportamiento del tránsito, la identificación de los puntos críticos de riesgo y la estimación de los niveles de servicio vial en el tramo en estudio. En el componente cualitativo, se empleó el método de análisis de contenido para categorizar y sintetizar la información recolectada mediante entrevistas semiestructuradas y notas de campo. Las respuestas fueron organizadas por temas y patrones emergentes relacionados con la percepción del riesgo vial, las dificultades de acceso, la valoración de la infraestructura y las expectativas comunitarias ante el proyecto.

Este análisis cualitativo se estructuró entorno a ejes interpretativos que permitieron contextualizar los datos técnicos dentro de la realidad social del territorio. Asimismo, se aplicó una triangulación metodológica entre las diferentes fuentes de información (documental, técnica y comunitaria), lo cual fortaleció la validez de los resultados. La articulación entre datos técnicos (tráfico, geotecnia, hidrología, diseño geométrico) y sociales (movilidad, percepción, necesidades locales) permitió establecer relaciones causales entre el estado actual del camino y los impactos proyectados del mejoramiento vial.

El análisis de datos también incluyó la comparación entre escenarios “sin proyecto” y “con proyecto”, especialmente en lo referente a tiempos de viaje, costos de operación vehicular, nivel de accidentalidad y accesibilidad a servicios básicos. Esta comparación se fundamentó en las proyecciones del volumen de tráfico, la modelación de costos y los indicadores socioeconómicos de la zona de influencia. En conjunto, el análisis de datos permitió validar el diagnóstico, sustentar técnicamente el diseño del proyecto y justificar la necesidad de intervención vial, bajo criterios de eficiencia, seguridad, sostenibilidad y equidad territorial.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS

4.1 Evaluar los impactos sociales asociados al mejoramiento del camino La Paz Carazo - San Pedro - Niquinohomo, considerando las dinámicas de la población local.

4.1.1 Caracterización de actores sociales e institucionales:

Identificación de los grupos sociales, sus formas de organización, niveles de participación ciudadana y relaciones institucionales preexistentes.

Instituciones Presentes en El Rosario:

- Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL).
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL).
- Ministerio de Salud (MINSA).
- Policía Nacional (PN).
- Juzgado Local (JL).
- Consejo Supremo Electoral (CSE).

Instituciones del Gobierno Central presentes en el municipio de Masatepe:

- Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL).
- Ministerio de Educación (MINED).
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).
- Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENATREL).
- Policía Nacional (PN).
- Juzgado Local y de Distrito (CSJ).
- Consejo Supremo Electoral (CSE).
- Ministerio de La Familia (MIFAM).

Instituciones Gubernamentales presentes en Niquinohomo:

- Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones. (ENITEL).
- Ministerio de Educación (MINED).
- Ministerio de Salud (MINSA).
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).
- Empresa Nicaragüense de Transmisión Electricidad (ENATREL).

- Juzgado Local. (CSJ).
- Consejo Supremo Electoral (CSE).
- Ministerio de la Familia (MIFAM).

4.1.2 Principales características socioeconómicas del área de influencia del proyecto:

En la ruta del Proyecto, aledaño a la vía, se identificaron comunidades, centros escolares, iglesias áreas de cultivos arroz, maíz, frijoles, verduras entre los cuales se destaca lo siguiente:

Tabla 16. Centros Escolares en la ruta del Proyecto

MUNICIPIO EL ROSARIO			
NOMBRE DEL CENTRO ESCOLAR	**MODALIDAD**	**N° ALUMNOS**	**N° DOCENTES**
Dr. Manuel Antonio Aguirre	Primaria Regular y Multigrado	142	6
MUNICIPIO MASATEPE			
Niños Dulces	Primaria y Preescolar	32	2
MUNICIPIO DE NIQUINOHOMO			
República Alemania (Comunidad Las Crucitas)	Primaria	200	10
Pedro Joaquín Chamorro (Comunidad La Curva)	Primaria Secundaria	910	32

Hay presencia de iglesias evangélicas (4), puestos de salud (2), disponen de agua potable, energía eléctrica y telefonía celular, además disponen de servicio de transporte moto taxis y 2 unidades privadas de transporte de personas y productos agropecuarios que se comercializan en el municipio de Jinotepe y Masaya el camino está en regular estado.

4.1.3 Principales Actividades Económicas:

Las principales actividades económicas que se desarrollan en la zona, corresponden a cultivos de granos básicos (maíz, arroz, frijol) plátanos, cítricos, aguacates, comercio (pulperías) y la ganadería en pequeña escala, tanto para el autoconsumo y la comercialización destinada a los mercados de Masaya y Jinotepe.

4.1.4 Comentarios y Opiniones de Autoridades Entrevistadas:

Con la finalidad de informar el inicio del estudio de factibilidad y el diseño para el mejoramiento de la carretera y obtener sugerencias para dicho estudio, se entrevistó a representantes de instituciones y organizaciones locales de El Rosario - Masatepe y Niquinohomo.

Tabla 17. Personas Entrevistadas en El Rosario

N°	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo	Celular
1	Ing. Evert López	Alcaldía	Alcalde	8234-0079
2	Ing. Ricardo Pon	Alcaldía	Director de Proyecto	8948-9926
3	Lic. Wilber Guevara	MINED	Responsable Admón. Financiero	7527-5646
4	Dra. Ingrid Granera	MINSA (Centro de Salud)	Directora	8443-4573

Tabla 18. Personas Entrevistadas en Masatepe

N°	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo	Celular
1	Arq. Mariana Jiménez	Alcaldía	Directora Planificación	5753-3971
2	Sr. Francisco Quiroz	FSLN	Secretario Político	8793-6349
3	Lic. Dayra Calero	MINED	Responsable Administrativa	8655-9434

Tabla 19. Personas Entrevistadas en Niquinohomo

N°	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo	Celular
1	Rosario Potosme	Alcaldía	Vice Alcaldesa	8739-7453
2	Dra. María Hurtado	MINSA	Directora Epidemiología	8574-7882
3	Eliam Hernández	MINED	Delegado Municipal	8994-1384
4	Capitán Olman Ortiz	PN	Delegación Municipal	8787-9417
5	Silvia Hernández	Com. Las Cruces	Líder Comunitaria	8327-4379
7	Lic. Elvin Tapia	Alcaldía	Alcalde	-

4.1.5 Proyección de la Evaluación comparativa de condiciones de vida:

- **Perfil Municipal - El Rosario**

Servicios Básicos:

- **Educación:**

Funcionan 5 centros educativos (preescolar, primaria y secundaria).

- **Salud:**

Existe el centro de Salud Segundo Lezama brindando los siguientes servicios: Emergencia, consulta general, odontología, control prenatal, Vigilancia promoción, del crecimiento y desarrollo del niño, inmunizaciones, rehidratación oral, salud ambiental, Epidemiología, control de vectores y atención de tuberculosis.

- **Agua potable y alcantarillado Sanitario:**

En el área urbana se brinda servicio de a todas las 868 viviendas y en el sector rural la mayoría de pobladores es abastecido del vital líquido; el municipio no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario.

- **Desarrollo económico:**

La actividad económica de mayor relevancia del municipio es el sector agrícola; se destaca por el cultivo de granos básicos como: arroz, caña de azúcar, frijoles y maíz. Cabe señalar que en el municipio existe una pequeña industria con métodos artesanales; la producción es básicamente de autoconsumo para las familias dedicadas a esta actividad; se destaca la rama de alimentos; además existe una industria relativa al procesamiento del arroz que brinda servicios a los pequeños y medianos productores de la zona (trillos de arroz). Las principales actividades económicas de los pobladores giran en pequeños negocios familiares o micro empresas.

- Micro Empresa de limpieza: 5
- Trillos de Arroz: 6
- Trapiches:5
- Fábricas de juegos Pirotécnicos: 3
- Barberías: 7

- **Perfil Municipal – Masatepe**

Principales actividades económicas:

La actividad económica fundamental del municipio, es la agricultura dentro de la cual sobresalen los granos básicos, café, cítricos entre otros. La ganadería es diversa, pero no extendida. Se encuentran diferentes grupos como el ganado vacuno, caprino, avícola, cerdos y algunas granjas apícolas.

Cabe señalar que la actividad comercial ocupa un lugar de gran importancia en la economía del municipio, en la que se destacan la comercialización de artesanías (mimbres, carpinteros, zapateros), las industrias del municipio se dedican fundamentalmente a la producción de materiales derivados del hule, la fabricación de muebles, servicios de restaurantes y zonas francas de la rama textil.

- **Turismo:**

El centro turístico la Flor del Pochote ofrece vista a la laguna de Masaya, también ofrece servicio de restaurante, cabañas y deportes extremos. La laguna de Masaya representa un atractivo local, su acceso es posible hasta cierto punto en vehículo y luego a pie. Algunos grupos realizan expediciones y deportes de alto riesgo. Existe un centro de canopy y hotel donde se promueve la vida con la comunidad.

Servicios Básicos:

- **Salud:**

En el municipio existen 4 puestos de salud, en el Arenal, San José, La Colonia, Los Rincones y el centro de Salud cabecera municipal.

- **Educación:**

En el municipio existen 25 centros escolares de primaria de los cuales 13 (públicos estatales), 3 (públicos autónomos), 1 privado subvencionado, 4 (privados). De estos centros escolares 8 están en la zona urbana y 13 en la zona rural. Cuentan con una población estudiantil de 7,262.

- **Energía Eléctrica:**

El municipio cuenta con servicios de energía eléctrica cuya administración está a cargo de la Empresa Distribuidora de Electricidad del Sur S.A (DISSUR). Según registros el municipio

registra 3,784 conexiones domiciliares de las cuales 3,134 están en el área urbana y 1,650 en el área rural.

- **Agua potable y Alcantarillado Sanitario:**

El municipio cuenta con servicio público de agua potable cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), con 3,076 servicios domiciliares. Además, también cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, el que disponen viviendas del municipio ubicadas en el casco urbano, algunas viviendas cuentan con sumideros y pozos sépticos.

- **Telecomunicaciones:**

El municipio cuenta con servicios públicos de teléfonos, correos s Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL). Esta empresa presta sus servicios por medio de una planta semiautomática con 5190 abonados.

- **Vialidad y Transporte:**

Según la alcaldía municipal a nivel urbano existe un total de 191 cuadras, de las cuales 59 cuadras son adoquinadas, 108 cuadras de asfalto y 24 cuadras que no tienen ningún tipo de material de revestimiento. Tiene una red vial revestida de asfalto que comunica los principales Municipios de la región. Según la alcaldía municipal en el municipio existen 68 unidades de transporte para la población hacia municipios vecinos y algunas comunidades rurales del municipio.

- **Perfil Municipal - Niquinohomo:**

Principales Actividades Económicas:

Las actividades económicas fundamentales del municipio son la agricultura, la artesanía y la ganadería. Entre los principales cultivos que se producen se encuentran los granos básicos: café, cítricos, y se destacan las plantas ornamentales y florales.

- **Sector Industria y Comercio:**

Panaderías, Pulperías, Sastrerías, Farmacias, Zapaterías, Bares, Carpinterías, Mecánicos, Molinos, Bancos, comercialización de Materiales de Construcción.

Servicios Básicos:

- **Salud:**

Los servicios de salud se cubren por el Centro de Salud "Augusto César Sandino" y puestos de salud en las comarcas Los Pocitos, El Portillo y Las Crucitas.

- **Educación:**

El municipio cuenta con 3 centros de educación preescolar y 9 de educación primaria, siendo el principal el Centro Escolar Benito Juárez. La educación secundaria está cubierta por el Instituto Nacional "Augusto César Sandino" (INACS), Colegio El Edén y el Colegio "Academia de Santa María".

- **Energía Eléctrica:**

Según registros, el municipio cuenta con 1,623 conexiones domiciliares, se dispone del servicio en toda la zona rural.

- **Agua potable y Alcantarillado Sanitario:**

Se cuenta con el servicio de agua potable, en el año 1999 se construyeron en el Municipio 3 pozos, uno ubicado a orillas de la carretera entre Niquinohomo y Catarina los que suministran el vital líquido.

- **Telecomunicaciones:**

El municipio cuenta con servicios de telecomunicaciones, entre ellos telefonía fija, televisión por cable, telefonía celular de cuarta generación y el servicio de acceso a internet en distintas modalidades, lo que permite tanto a sus pobladores como visitantes disponer de una variedad de alternativas de comunicación.

- **Vialidad y Transporte:**

Cuenta con una terminal ubicada frente al Cementerio Municipal que cubre la ruta Niquinohomo - Granada con un total de 12 unidades. También se cuenta con la ruta Nandasmo - Masaya con 6 unidades; Carazo - Masaya; Masatepe - Masaya - Managua. Se han creado nuevas rutas que enlazan las comarcas con la zona urbana y con Masaya.

Actualmente funciona en el sector urbano una línea de Bici-taxis, que facilitan la movilización de los pobladores a los distintos puntos de la ciudad.

4.1.6 Tipología de impactos sociales:

4.1.6.1 Diagnóstico Socioeconómico de la Población Afectada

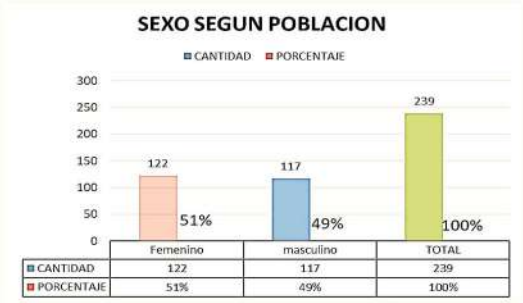
Durante el levantamiento de campo, se identificaron 69 viviendas afectadas por la ejecución del proyecto vial, localizadas en los municipios de El Rosario, Masatepe y Niquinohomo. De estas, 3 se encontraban deshabitadas al momento del relevamiento. Las encuestas fueron dirigidas a los jefes de hogar, como representantes principales de cada núcleo familiar.

4.1.6.1.1 Caracterización demográfica de los hogares afectados

Del total de hogares afectados, el 51% corresponde a mujeres jefas de hogar y el 49% a hombres**,** lo que revela una ligera predominancia femenina en la titularidad de los hogares dentro del área de influencia.

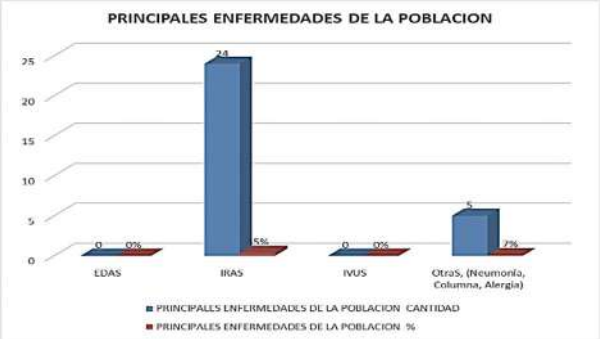
En relación con la distribución por sexo de la población del área de estudio, se identificó una composición equilibrada con ligera predominancia femenina, registrando un total de 122 mujeres (51 %) frente a 117 hombres (49 %), de un universo poblacional de 239 personas. Esta distribución casi paritaria es relevante para el análisis del proyecto, ya que permite prever impactos diferenciados por género, tanto en el acceso a servicios como en la participación en actividades productivas y comunitarias.

Figura 2. Distribución por sexo del jefe de hogar



En este sentido, el mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo representa una oportunidad para promover la equidad territorial y de género, facilitando el acceso de mujeres a centros de salud, educación, mercados y espacios de participación ciudadana. Asimismo, este dato debe considerarse en las acciones de comunicación, consulta pública y gestión social del proyecto, a fin de garantizar una inclusión efectiva y sensible al género durante su implementación.

Figura 3. Principales enfermedades de la población

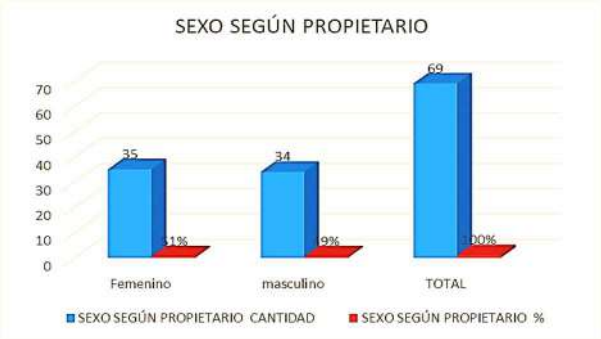


En el diagnóstico de condiciones de salud de la población del área de influencia del proyecto, se identificó una alta prevalencia de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS)**,** las cuales representan el 85 % del total de enfermedades reportadas**,** con 24 casos registrados. Esta incidencia supera ampliamente la de otros padecimientos, destacando además un grupo de enfermedades clasificadas como "otras" (neumonía, afecciones de columna y alergias), con una proporción del 15 % (5 casos).

Llama la atención la ausencia de casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAS) e Infecciones de Vías Urinarias (IVUS)**,** lo cual podría asociarse a buenas condiciones de agua potable y saneamiento básico. No obstante, la elevada frecuencia de IRAS y afecciones respiratorias relacionadas puede estar vinculada a factores ambientales adversos como la exposición al polvo, característico de caminos no revestidos, así como a la limitada accesibilidad vial hacia los centros de salud**.** Estos hallazgos refuerzan la pertinencia del mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo, dado que la obra contribuirá a facilitar el acceso oportuno a servicios médicos, reducir los tiempos de traslado y mitigar condiciones que exacerban enfermedades respiratorias**,** particularmente en grupos vulnerables como la niñez y personas mayores.

Con respecto a la distribución de la propiedad de tierras o viviendas según el sexo, los datos muestran una ligera mayoría de mujeres propietarias (51 %, equivalente a 35 casos) frente a hombres propietarios (49 %, con 34 casos)**,** en un total de 69 unidades de propiedad registradas. Esta paridad relativa es un indicador positivo de acceso equitativo a activos productivos o residenciales, y constituye una oportunidad para integrar un enfoque de género en la gestión del proyecto.

Figura 4. Titularidad de la propiedad según sexo

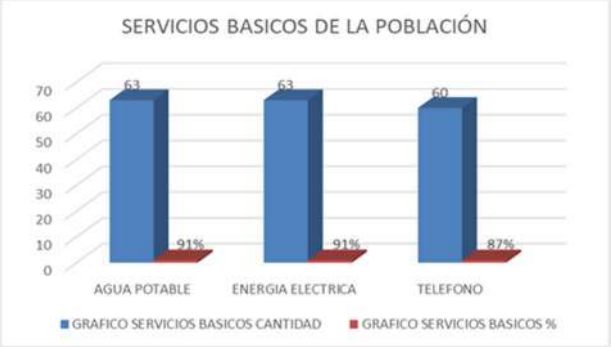


La existencia de una proporción significativa de propietarias mujeres refuerza la necesidad de incorporar mecanismos de participación efectiva, consulta informada y toma de decisiones inclusiva, en todas las etapas del mejoramiento vial. Además, se sugiere considerar esta distribución en el diseño de estrategias de compensación o mitigación de impactos (en caso de afectaciones a terrenos privados), asegurando que las titulares femeninas sean reconocidas como actoras legítimas dentro de los procesos sociales y legales vinculados a la ejecución del proyecto.

El análisis de cobertura de servicios básicos en la población del área de influencia revela un alto nivel de acceso a servicios esenciales, con 91 % de los hogares disponiendo de agua potable (63 casos) y energía eléctrica (63 casos), así como un 87 % con acceso a servicios de telefonía (60 casos). Estos indicadores reflejan un contexto relativamente favorable en términos de infraestructura de servicios domiciliarios, lo que constituye una fortaleza para la sostenibilidad del proyecto vial propuesto.

El acceso estable a agua y electricidad no solo mejora las condiciones de vida, sino que facilita la integración de la población a procesos productivos y educativos. No obstante, el acceso a telefonía, aunque elevado presenta un leve rezago respecto a los otros servicios, lo cual debe considerarse para fortalecer la comunicación comunitaria durante la ejecución del proyecto, especialmente en lo que respecta a mecanismos de información, consulta pública y atención de quejas. La mejora del camino también podría favorecer el mantenimiento y ampliación de las redes de servicios, al facilitar el ingreso de cuadrillas técnicas y reducir tiempos logísticos de atención.

Figura 5. Servicios básicos de la población



4.1.6.1.2 Tipología de las viviendas y habitabilidad

El análisis de los materiales predominantes en las viviendas del área de influencia revela una infraestructura básica con características de resistencia media y alta exposición a riesgos estructurales y climáticos. En cuanto a techos, el 100 % de las viviendas (69 casos) utilizan láminas de zinc, un material común en zonas rurales por su bajo costo, aunque vulnerable a corrosión y a daños por vientos fuertes. Respecto a las paredes, se observa que 59 viviendas están construidas con piedra cantera, lo que puede representar cierto nivel de solidez estructural, pero se identifican también construcciones con madera (6 casos) y bloque (4 casos), que pueden denotar condiciones de menor durabilidad o inadecuación ante eventos sísmicos.

Con relación a los pisos, predomina una combinación entre tierra (27 casos) y embaldosado (26 casos), lo que evidencia desigualdad en las condiciones de salubridad y confort. Un número reducido de viviendas cuenta con acabados de cerámica (8) o ladrillo (8). Estos datos permiten concluir que una proporción significativa de las viviendas presenta materiales precarios o parcialmente mejorados, lo cual debe ser considerado tanto para la evaluación de impactos del proyecto vial como para la definición de criterios de vulnerabilidad social y priorización en las acciones de mitigación o reubicación, en caso de afectaciones por obras.

Figura 6. Materialidad de las viviendas

4.1.6.1.3 Acceso a servicios básicos y saneamiento

El análisis de las condiciones de habitabilidad revela que el 100 % de las viviendas del área de influencia directa del proyecto cuentan con acceso a servicios básicos como energía eléctrica, agua potable y red celular, lo cual constituye una fortaleza significativa en términos de infraestructura domiciliaria y cobertura de servicios esenciales. Esta condición favorece la conectividad, la calidad de vida y la viabilidad de intervenciones comunitarias o educativas relacionadas con el proyecto de mejoramiento vial.

No obstante, se identifican importantes limitaciones en materia de saneamiento ambiental, particularmente en la disposición final de residuos sólidos, ya que no existe un sistema formal de recolección. Como consecuencia, la totalidad de los hogares (100 %) recurre a la quema de basura como método habitual de eliminación, lo que genera riesgos ambientales (emisión de gases contaminantes, afectación a la calidad del aire) y riesgos para la salud (exposición a humo tóxico, enfermedades respiratorias).

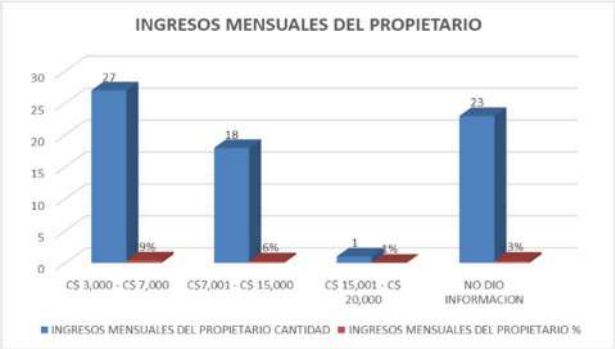
Asimismo, la mayoría de las viviendas hace uso de letrinas tradicionales, lo que constituye una forma de saneamiento básico no mejorado. Esta situación puede representar un riesgo sanitario y ambiental, especialmente en condiciones de alta densidad poblacional, suelos de baja permeabilidad o cercanía a fuentes de agua superficial. Dicho riesgo se agrava en contextos de movimiento de tierras, vibraciones o remoción de vegetación, como los que ocurren durante la fase constructiva de un proyecto vial.

En este contexto, se recomienda que el proyecto de mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo incorpore acciones complementarias orientadas a la gestión ambiental comunitaria, tales como programas de educación ambiental, coordinación interinstitucional para la recolección de residuos y medidas de mitigación durante la construcción que eviten la afectación de fosas o letrinas existentes. Esta perspectiva integral permitirá maximizar los beneficios sociales del proyecto, reducir externalidades negativas y promover un desarrollo territorial más saludable y sostenible.

4.1.6.1.4 Condición laboral y nivel de ingresos

El análisis de los ingresos reportados por los propietarios evidencia una concentración significativa en los tramos más bajos de ingreso, lo cual sugiere condiciones de vulnerabilidad económica en una parte considerable de la población del área de influencia directa del proyecto. En particular, el 39 % de los hogares (27 casos) declaró ingresos mensuales entre C$ 3,000 y C$ 7,000, mientras que un 28 % (18 hogares) se ubicó en el rango de C$ 7,001 a C$ 15,000, y solo un 1 % (1 hogar) reportó ingresos entre C$ 15,001 y C$ 20,000. Llama la atención que el 33 % de los propietarios (23 casos) no brindó información sobre sus ingresos, lo que podría estar relacionado con dinámicas de economía informal, temor a fiscalización, falta de registros contables o limitada alfabetización financiera.

Figura 7. Nivel de ingreso mensual por hogar



Esta distribución es consistente con los umbrales definidos por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) para caracterizar hogares en situación de pobreza o pobreza extrema en zonas rurales del país. Tales condiciones económicas tienen implicaciones directas en la capacidad de respuesta de los hogares ante impactos del proyecto, particularmente en situaciones de reubicación, compensación por afectaciones o necesidad de cofinanciamiento en mejoras de vivienda y servicios. Por ello, se recomienda que el proyecto incorpore estrategias de acompañamiento social y mitigación económica, incluyendo: educación financiera básica, asesoría legal para negociación justa en procesos de compensación, y mecanismos diferenciados de apoyo para hogares en condiciones de mayor vulnerabilidad.

Además, en contextos de infraestructura vial, la mejora de la conectividad puede abrir nuevas oportunidades de ingreso y dinamización económica local. Sin embargo, estos

beneficios no son automáticos y requieren ser activados mediante medidas complementarias, como capacitaciones para el empleo, acceso a microcréditos, fortalecimiento de actividades productivas locales, y articulación con programas de desarrollo rural y emprendimiento.

4.1.6.1.5 Clasificación técnica de afectaciones

Tabla 20. Clasificación técnica de afectaciones

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	CANTIDAD
A	Infraestructuras sin disponibilidad de terreno para reubicación	35
B1	Infraestructuras con terreno disponible para reubicación interna	17
B2	Afectaciones parciales sin necesidad de traslado	17
TOTAL		**69**

El análisis de las afectaciones identificadas en el área de influencia del proyecto permitió clasificar técnicamente un total de 69 infraestructuras en tres categorías, de acuerdo con el tipo y magnitud de impacto previsto. En primer lugar, se identificaron 35 viviendas clasificadas en la categoría A, es decir, edificaciones que no disponen de terreno adicional para una reubicación interna, por lo cual requerirán un proceso de reasentamiento fuera del sitio. En segundo lugar, se agrupan 17 casos dentro de la categoría B1, correspondientes a propiedades que sí cuentan con espacio dentro del mismo lote para reubicar la infraestructura afectada, lo que permite una intervención de menor complejidad social. Finalmente, otras 17 viviendas fueron clasificadas en la categoría B2, al tratarse de afectaciones parciales que no implican traslado ni pérdida total del inmueble, sino que pueden ser abordadas mediante reforzamientos estructurales o adecuaciones técnicas menores.

Esta segmentación permite establecer rutas de intervención diferenciadas, ajustadas a las condiciones de cada caso, garantizando que las medidas de mitigación no sean homogéneas, sino proporcionales y adecuadamente focalizadas. Más allá de lo técnico, este proceso revela una dimensión social importante: la mayoría de la población afectada ha expresado una actitud favorable hacia el proyecto, al considerarlo una oportunidad para mejorar sus condiciones de vida. En particular, destacan la mejora en la conectividad, el acceso a centros urbanos, mercados, escuelas y servicios de salud. Este optimismo constituye un activo

valioso para el proceso de implementación, pero también exige una gestión cuidadosa y transparente, para evitar que las expectativas superen la capacidad institucional de respuesta.

En este sentido, se propone una estrategia técnica y social integral que garantice que los impactos negativos sean debidamente compensados y que los beneficios del proyecto sean inclusivos y sostenibles. Para los casos de la categoría A, es fundamental implementar un plan de reasentamiento participativo que asegure condiciones equivalentes o mejoradas a las actuales, tanto en términos habitacionales como en acceso a servicios y medios de vida. Este proceso deberá desarrollarse bajo los principios de justicia social, consulta libre e informada, y acompañamiento técnico-jurídico que garantice la seguridad patrimonial de las familias, especialmente aquellas en situación de vulnerabilidad.

Asimismo, se propone incorporar acciones de fortalecimiento económico local, impulsando iniciativas de capacitación, emprendimiento y acceso a recursos productivos que permitan a las familias afectadas y a la comunidad en general generar nuevas fuentes de ingreso. Esto es especialmente relevante en un contexto donde gran parte de la economía es informal y los ingresos familiares se ubican por debajo de los umbrales de pobreza establecidos a nivel nacional. La promoción de modelos económicos comunitarios, ecológicos y sostenibles puede convertirse en un componente estratégico para potenciar los beneficios del proyecto más allá de su dimensión física.

La gestión ambiental constituye otro eje clave. La intervención debe coordinarse con instituciones como el MARENA, INAFOR y las autoridades municipales para asegurar medidas de reforestación, protección de fuentes hídricas, y manejo adecuado de residuos durante y después de la obra. Estas acciones no solo responden a requerimientos legales, sino también a prioridades expresadas por la misma comunidad durante el proceso de diagnóstico participativo.

Finalmente, el enfoque de género debe ser transversal a toda la estrategia. Dado que se ha identificado un número significativo de mujeres propietarias y jefas de hogar, resulta indispensable asegurar su participación en los procesos de consulta, acceso equitativo a indemnizaciones y titularidad formal de cualquier nueva propiedad o compensación. Este enfoque debe extenderse también a otros grupos vulnerables como adultos mayores, personas

con discapacidad y niñas, niños y adolescentes, garantizando su protección y bienestar a lo largo de todo el proceso.

En conclusión, la clasificación técnica de afectaciones no solo constituye un insumo para la planificación operativa del proyecto, sino que permite abrir una ventana hacia una intervención socialmente responsable, ambientalmente sostenible y orientada al desarrollo humano. La implementación de estas medidas integradas será determinante para que el mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo no solo transforme la infraestructura vial, sino también las oportunidades de vida de las familias que habitan a lo largo de su recorrido.

4.1.6.1.6 Clasificación por naturaleza

Tabla 21. Clasificación por naturaleza

TIPO	DESCRIPCIÓN
Positivos	✓ Generación de empleo en los municipios, beneficiando especialmente a la población local. ✓ Dinamización de la economía local: comercio, servicios y microempresas. ✓ Acceso más ágil a servicios educativos, de salud y transporte. ✓ Potencial mejora en cohesión social y calidad de vida mediante mayor conectividad y desarrollo económico.
Negativos	✓ Posible desigualdad en distribución de beneficios entre municipios (El Rosario más vulnerable). ✓ Alteración temporal de rutinas y calidad de vida por construcción o tránsito. ✓ Riesgo de conflictos locales por expectativas de empleo o acceso a recursos. ✓ Posibles impactos indirectos sobre actividades culturales o recreativas locales.

4.1.6.1.7 Clasificación por grupo poblacional o territorio

Tabla 22. Clasificación por grupo poblacional o territorio

MUNICIPIO	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS
Masatepe	- Beneficios amplificados por infraestructura educativa, sanitaria y de servicios básicos. - Economía diversificada: agricultura, comercio, industria y turismo. - Mayor resiliencia social y económica ante cambios.	- Menor riesgo de vulnerabilidad social, pero posibles molestias temporales durante construcción.
Niquinohomo	- Cobertura en telecomunicaciones y transporte facilita acceso a beneficios. - Economía equilibrada: agropecuaria, comercio y artesanía.	- Brechas en saneamiento que pueden generar impactos indirectos sobre salud pública.
El Rosario	- Creación de empleo y dinamización económica potencialmente significativa.	- Mayor vulnerabilidad por rezagos en salud, educación y saneamiento. - Riesgo que los beneficios del proyecto no se distribuyan equitativamente.

4.1.6.1.8 Clasificación por alcance

Tabla 23. Clasificación por alcance

ALCANCE	DESCRIPCIÓN
Directo	✓ Mejoras en empleo, acceso a servicios y oportunidades económicas para la población local.
Indirecto	✓ Incremento de comercio y oportunidades en municipios cercanos. Posibles tensiones sociales o expectativas no satisfechas.
Acumulativo	✓ Beneficios prolongados en el tiempo: desarrollo económico, acceso a educación y salud. ✓ Riesgos acumulativos: desigualdad social, impactos sobre cohesión comunitaria si no se distribuyen equitativamente.

4.1.6.1.9 Clasificación por duración

Tabla 24. Clasificación por duración

Duración	Ejemplo
Corto plazo	✓ Molestias temporales por construcción y tránsito, alteración de rutinas sociales.
Mediano plazo	✓ Creación de empleo, aumento del comercio y acceso a servicios.
Largo plazo	✓ Desarrollo sostenible de la economía local, mejoras en bienestar social y reducción de brechas entre municipios.

4.1.6.1.10 Clasificación por intensidad / magnitud

Tabla 25. Clasificación por intensidad

Impacto	Magnitud
Positivos	✓ Media a alta, dependiendo de la capacidad del municipio de absorber beneficios (más alto en Masatepe y Niquinohomo).
Negativos	✓ Media en El Rosario por rezagos estructurales; baja en Masatepe y Niquinohomo debido a infraestructura más sólida.

4.1.6.1.11 Clasificación por reversibilidad

Tabla 26. Clasificación por reversibilidad

Impacto	Reversibilidad
Positivos	✓ Permanente mientras se mantengan actividades económicas y acceso a servicios.
Negativos	✓ Parcialmente reversible mediante programas sociales, educación, inversión en salud y saneamiento en El Rosario.

4.1.6.1.12 Clasificación por probabilidad de ocurrencia

Tabla 27. Clasificación por probabilidad de ocurrencia

Impacto	Probabilidad
Positivos	✓ Muy probable, especialmente en municipios con infraestructura sólida y economía diversificada.
Negativos	✓ Probable en El Rosario debido a rezagos estructurales y desigualdad territorial.

Resumen final de Tipología de Impactos Sociales

- ✓ Positivos: empleo, dinamización económica, acceso a servicios, mejora de calidad de vida.
- ✓ Negativos: desigualdad en distribución de beneficios, vulnerabilidad en municipios rezagados, alteración temporal de rutinas, riesgo de conflictos locales.
- ✓ Diferenciación territorial: Masatepe y Niquinohomo más resilientes, El Rosario requiere medidas focalizadas.
- ✓ Medidas de mitigación: programas sociales, capacitación, fortalecimiento de infraestructura básica y monitoreo comunitario.

4.1.7 Empleo del EIAS como base, ampliado con análisis crítico desde el desarrollo, la inclusión territorial y la justicia espacial

- **Contexto:**

La investigación de este proyecto se realiza con el propósito de fortalecer la red de caminos intermunicipales de los departamentos de Carazo y Masaya. La mejora del tramo que conecta

los municipios de La Paz Carazo y Niquinohomo tiene como objetivo optimizar la movilidad regional, reducir los tiempos de viaje, costos de operación vehicular, facilitando tanto el transporte de carga como el de pasajeros.

Asimismo, el proyecto pretende elevar la calidad de vida mediante una mayor accesibilidad y conectividad territorial. Desde la perspectiva de la inclusión territorial y la justicia espacial, estos antecedentes permiten evaluar si la inversión pública se distribuye equitativamente entre municipios, si beneficia a poblaciones históricamente rezagadas y si contribuye a corregir desigualdades territoriales existentes.

- **Macro localización**

Se ubica en los departamentos de Carazo y Masaya. Inicialmente se había planteado un recorrido desde La Paz Carazo hasta Niquinohomo, con una longitud aproximada de 16 km y categoría de Camino Vecinal. No obstante, en 2024, por orientaciones del MTI, se redefinió el trazado, estableciendo el inicio en el municipio de Santa Teresa (punto de inicio 0+00 en el sector La Granja) y finalizando en la estación 10+649.4 (E596844–N1315488), en el municipio de Niquinohomo (Masaya). Este cambio de línea tiene implicaciones en términos de accesibilidad y conectividad territorial, por lo que se evalúa también desde perspectivas de desarrollo territorial y justicia espacial.

- **Micro localización**

La micro localización del proyecto pone en relieve elementos clave como escuelas, pozos comunitarios, viviendas, cuerpos de agua y áreas de producción agrícola. La identificación de estos componentes permite caracterizar la vulnerabilidad del territorio y reconocer los receptores sensibles dentro del área de influencia. Desde un enfoque crítico, esta información contribuye al análisis de la distribución de impactos y beneficios entre distintos grupos poblacionales.

- **Área de Influencia Directa (AID)**

El AID comprende la zona donde se generan los impactos directos del proyecto, tales como ruido, polvo, generación de residuos, vibraciones y tránsito de maquinaria. Incluye el trazado vial, los bancos de materiales, los botaderos y todas las áreas de intervención directa. El AID se definió como un corredor de 2.5 km a cada lado del eje del camino, abarcando un área total de 71.87 km². Desde la perspectiva de inclusión territorial, esta zona constituye el

espacio donde se concentran las mayores cargas ambientales, por lo que es fundamental identificar comunidades vulnerables y evaluar la equidad en la distribución de los impactos.

- **Área de Influencia Indirecta (AII)**

El AII se refiere al área donde los impactos se atenúan, pero donde aún pueden manifestarse efectos indirectos, como cambios en movilidad, uso del suelo, dinámicas económicas y presión sobre recursos naturales. Se definió un buffer de 15 km a ambos lados del eje del camino, totalizando un área de 991.17 km².

Desde el enfoque del desarrollo territorial, esta zona permite evaluar la magnitud de los beneficios esperados, como mayor integración regional y fortalecimiento productivo, así como las posibles desigualdades emergentes si los beneficios no se distribuyen de manera equitativa.

Descripción y Análisis del Proyecto:

- **Componentes del Proyecto:**

El proyecto tiene como objetivo definir la solución técnica y la inversión necesaria para la mejora del camino, integrando criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales (DYSCONCSA, 2024). Para ello se desarrollaron Estudio de Tráfico, Estudios Geotécnicos, Estudio Hidrotécnico, Estudio de Vulnerabilidad, Diseño Geométrico, Costo y Presupuesto y Factibilidad Técnica y Económica.

- **Criterios para la Selección del Camino**

De acuerdo con (DYSCONCSA, 2024), la selección del camino responde a criterios de viabilidad técnica y económica, orientados a mejorar la conectividad regional y fortalecer el sector productivo. Entre los criterios más relevantes se consideran como garantizar circulación en todo tiempo, reducir tiempos de viaje y con ello, disminuir costos de operación vehicular, aumentar las velocidades de operación y facilitar la movilización de productos y personas.

Desde la perspectiva de justicia espacial, estos criterios permiten examinar si la ruta seleccionada promueve una integración territorial más equitativa y genera beneficios directos para las comunidades más rezagadas del área de influencia.

- **Componentes Temporales de la Etapa de Construcción**

1. Campamento de construcción, con un área aproximada de 2 ha (según Subprograma de Manejo de Planteles).
2. Áreas para manejo de escombros, estimadas en cuatro sitios de 0.5 ha cada uno (según Subprograma de Botaderos y Bancos de Tiro). Su ubicación definitiva será determinada durante la ejecución y deberá ser aprobada por MTI y MARENA.

Desde un enfoque socioambiental, se analizará la ubicación de estos componentes considerando proximidad a viviendas, escuelas, pozos y áreas agrícolas, garantizando que las cargas temporales no recaigan de manera desproporcionada en comunidades vulnerables.

4.1.8 Metodologías para la evaluación de impactos ambientales y sociales

- **Impactos Ambientales y Sociales**

Los impactos generados por el proyecto se clasificaron como positivos y/o negativos. Entre los impactos positivos, se encuentran: diversificación de la economía de la zona a través del mantenimiento de plazas de empleo a nivel local municipal y generación de impuestos tanto a nivel local como nacional, dinamización de la economía mediante una vía de comunicación que permita un comercial ms ágil y con ahorro de tiempos y de costos innecesarios, entre otros aspectos de interés.

En referencia a los impactos negativos estos se presentan dependiendo de la magnitud de las acciones desarrolladas por el proyecto pudiéndose destacar las siguientes: alteración de la poca cobertura arbustiva y alteración en los patrones de drenajes, posible incremento de los procesos erosivos; emisiones de material particulado (en verano) y gases de combustión; contaminación por ruidos por la operación de la maquinaria y la alteración del paisaje natural, entre otros.

Los impactos negativos pueden ser mitigados a través de la elaboración y ejecución de plan de gestión ambiental (PGA), que sea coherente con la situación afectada por el proyecto, para que finalmente garantice la restauración ecológica del sitio del proyecto y medio circundante; en caso contrario las medidas de mitigación se pueden desarrollar como medidas compensatorias.

- **Identificación de Impactos**

Para identificar los impactos ambientales potenciales que generaría el proyecto se utilizó una matriz de causa – efecto, la cual contiene información acerca de la naturaleza del impacto, el tipo de impacto, su comportamiento y su magnitud tal como lo señala el cuadro siguiente:

Tabla 28. Categorías para integración de impactos

Características	Significado	Simbología
Naturaleza	Positivo	**Azul**
	Negativo	**Rojo**
Magnitud	Grande	***Gr***
	Mediano	***M***
	Pequeño	***P***
Tipo de Impacto	Inevitable	***i***
	Recuperable	***r***
	Prevenible	***P***
	Compensable	***C***
Origen	Directo	***D***
	Indirecto	***I***
Comportamiento	Acumulativo	***a***
	Residual	***r***
	Simple	***s***

- **Aplicación de matrices causa-efecto o metodología GRI–PAEZ-ZAMORA**

Se utilizó una matriz causa–efecto de tipo cruzada, basada en el modelo de Leopold adaptado, donde las filas representan 21 componentes ambientales (bióticos, abióticos y sociales), y las columnas, 18 actividades del proyecto (movimiento de tierras, apertura de vía, operación de maquinaria, etc.). La matriz permite identificar 378 interacciones posibles, calificadas según su naturaleza, magnitud, origen, comportamiento y reversibilidad, se detalla a continuación:

- **Evaluación de los Impactos Ambientales.**

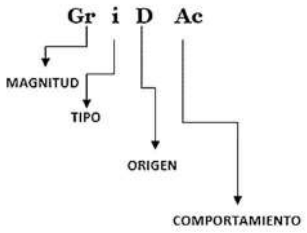
La evaluación de los impactos ambientales se ejecutó para determinar la significancia, así mismo, para definir las medidas de mitigación adecuadas, que eviten, reduzcan, controlen y/o compensen los impactos que el proyecto provocará en el sitio donde se desarrollará el

proyecto y a la vez en el medio circundante. El proceso de evaluación de impactos consistió de las siguientes tareas:

1. Identificar las actividades del proyecto que generen impactos negativos o positivos.
2. Definir la afectación a diversos componentes ambientales (abióticos, bióticos o sociales).
3. Evaluar la magnitud e intensidad de cada impacto.

A continuación, se describe el método utilizado para el análisis de impactos para el proyecto:

Figura 8. Esquema del Método GriDAc



- **Método de los Indicadores**

El método fue adaptado del CONAMA (1997). A cada efecto ambiental se le asigna un peso y se seleccionan criterios o variables de medición. Las ventajas de este método son las siguientes:

a. Combina diferentes formas de evaluación para obtener la relevancia o gravedad del impacto.
b. Presenta resultados razonables para evaluar los diferentes impactos de un proyecto.
c. Permite alcanzar resultados cuantitativos a pesar de que ellos provienen, en algunos casos de valoraciones de carácter cualitativo.

- **Criterios de Evaluación**

La evaluación del impacto ambiental se realizó en forma independiente para cada actividad del proyecto y el componente ambiental afectado. Los criterios utilizados consideran parámetros semicuantitativos los cuales se miden en una escala relativa. A continuación, se detalla la lista de los criterios utilizados para evaluar el impacto de las acciones, su rango y calificación.

Donde:

Ca = Carácter. Define si la acción o fuente de impacto del proyecto, genera un efecto positivo (+) o negativo (-) en el componente ambiental afectado.

I = Intensidad. Expresa la importancia relativa del efecto de una fuente sobre el componente ambiental afectado. Resulta de la interacción entre el grado de perturbación y el valor ambiental del componente afectado.

Ro = Califica la probabilidad de que un impacto pueda darse como resultado de una actividad del proyecto.

Ex = Representa la magnitud del área afectada por el impacto, o sea la superficie relativa donde se resienten los efectos del impacto.

Du = Es la unidad de medida temporal que permite evaluar el período durante el cual serán sentidas o resentidas las repercusiones del impacto sobre el elemento afectado.

De = Evalúa el tiempo en que evoluciona el impacto, desde que se inicia y manifiesta hasta que se hace presente plenamente, con todas sus consecuencias.

Re = Califica la posibilidad del factor afectado de retornar a las condiciones previas a la acción del impacto.

- **Integración de los criterios de evaluación**

La integración de los criterios de evaluación se ejecutó a través del índice de Calidad Ecológica (Ce), el cual constituye la expresión numérica de la interacción o acción conjunta de los distintos criterios usados en la calificación de los impactos ambientales. El valor de Ce está dado por la siguiente fórmula y debe ser aproximado al entero superior más cercano:

$$Ce = Ca\ x\ \left(\frac{I+Ex+Du+De+Re}{5}\right) x\ Ro \quad (Ec.5)$$

La escala de valores que se obtiene del cálculo de la calidad ecológica es –10 a +10, pudiendo reconocerse dentro de este rango, las categorías a como se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 29. Categorías para integración de impactos

Calidad Ecológica	
5 a 10	Muy bueno (MB)
0 a 5	Bueno (B)
-5 a 0	Malo (M)
-10 a –5	Muy malo (MM)

- **Valoración de los impactos ambientales**

Una vez identificadas las acciones del proyecto y los factores ambientales susceptibles de afectación, se procedió a la valoración de los impactos mediante la metodología de indicadores previamente descrita. Este enfoque permite asignar una calificación cuantitativa y semicuantitativa a cada impacto, con base en criterios definidos y escalas estandarizadas, cada impacto fue evaluado según siete criterios principales: carácter, intensidad, riesgo de ocurrencia, extensión, duración, desarrollo y reversibilidad, tal como se muestra a continuación:

Tabla 30. Valoración de impactos

Criterios identificados	Rango	Calificación
Carácter	Negativo	-1
	Positivo	1
Intensidad	Muy alto	1,0
	Alto	0,7
	Mediano	0,4
	Bajo	0,1
Riesgo	Cierto	9-10
	Muy probable	7-8
	Probable	4-6
	Poco probable	1-3
Extensión	Regional	0,8-1,0
	Local	0,4-0,7
	Puntual	0,1-0,3
Duración	Permanente (10 años o más)	0,8-1,0
	Larga (5 a 10 años)	0,5-0,7
	Media (3 a 4 años)	0,3-0,4
	Corta (<1 año a 2 años)	0,1-0,2
Desarrollo	Muy rápido (<1 mes)	0,9-1,0
	Rápido (1-6 meses)	0,7-0,8
	Medio (6-12 meses)	0,5-0,6
	Lento (12-24 meses)	0,3-0,4
	Muy lento (más de 24 meses)	0,1-0,2
Reversibilidad	Irreversible	0,8-1,0
	Parcialmente reversible	0,4-0,7
	Reversible	0,1-0,3

Como parte del proceso de evaluación se ejecutó un análisis considerando tres escenarios: sin proyecto, con proyecto y sin medidas de mitigación, con proyecto y con medidas de mitigación.

4.1.9 Identificación, Pronostico y Valoración de Impactos

El análisis evidencia que las actividades con mayor impacto sobre los medios naturales son el movimiento de tierra y las labores de nivelación y compactación. El resto de actividades genera impactos medios o bajos, según el componente evaluado. Entre los elementos naturales más afectados destacan el aire, la flora y la fauna.

Desde una perspectiva de costo–beneficio, los componentes socioeconómicos resultan los más favorecidos, principalmente por el dinamismo económico asociado a la ejecución del proyecto y por la mejora en las condiciones de vida de la población beneficiaria. Por otra parte, la tabla ***Valoración de la Calidad Ecológica (Ce),*** presenta los resultados del análisis cuantitativo y cualitativo de la calidad ecológica de cada componente natural del medio, considerando tres escenarios:

1. Sin Proyecto.
2. Con proyecto y sin medidas de mitigación.
3. Con proyecto y con medidas de mitigación.

Tabla 31. Identificación de acciones y factores impactados

Medio Impactado		Actividad Impactante													
		Etapa de Construcción												Mantenimiento	
		Movilización-Desmovilización	Talleres Vehículos	Manejo Hidrocarburos	Colocación de concreto	Campamento	Abra y destronque	Movimiento de tierra	Obras de drenaje	Nivelación y compactación	Bancos	Depósitos de material excedente	Señalización	Tránsito Vehicular	Actividades de mantenimiento
Calidad del Aire	Material Particulado	MrDs	PiDs	SA	GriDs	PrIs	PrIs	GriDs	PiDs	GriDs	PiDs	MrDs	SA	MrDs	PiDs
	Ruido	MrDs	PiDs	SA	GriDs	PiDs	PrDs	GriDs	PiDs	GriDs	PiDs	MrDs	SA	MrDs	PiDs
Paisaje	Paisaje	SA	PiDs	SA	GriDs	PiDs	PCDa	GriDs	PiDs	GriDs	PiDa	PiDa	SA	SA	SA
Recurso Hídrico	Régimen Hídrico	SA	PrDr	SA	GriDs	PrDr	MiDa	GriDs	SA	GriDs	PiDa	PiDa	SA	SA	SA
Flora	Pérdida de especies	SA	SA	SA	SA	PiDs	MiDa	GriDs	PiDs	GriDs	PiDa	PiDa	SA	SA	SA
	Cobertura Vegetal	PrDs	SA	PrDs	SA	PiDs	MiDa	GriDs	PiDs	GriDs	PiDa	PiDa	SA	SA	SA
Fauna	Aves	PrDs	PrDs	PrDs	SA	PiDs	MiDa	GriDs	PiDs	GriDs	PiDa	PiDa	SA	PiDa	PrDs
	Mamíferos	PrDs	PrDa	PrDs	SA	PiDs	MiDa	GriDs	PiDs	GriDs	PiDa	PiDa	SA	PiDa	PrDs
	Reptiles	PrDs	PrDa	SA	SA	GriDs	GriDs	MiIs	PiDs	GriDs	PiDa	PiDa	SA	PiDa	PrDa
Socioeconómico	Economía Local	GriDs	GriDs	SA	GriDs	GriDs	GriDs	MiIs	MiDs	MiDs	PCIs	PiSs	SA	PiDa	PrDa
	Economía Regional	SA	SA	MiDs	GriDs	GriDs	GriDs	MiIs	MiDs	MiDs	SA	SA	SA	PiDa	PiDa
	Empleo	MiDs	MiDs	MiDs	GriDs	GriDs	PiDs	MiIs	MiDs	MiDs	PiDs	PiIs	SA	PiDa	MiDs
	Accidentes	MiDs	MiDs	MiDs	GriDs	GriDs	PiDs	MiPs	MiDs	MiDs	PiDs	PiI	SA	PiDa	MiDs
	Infraestructura-Viviendas	PCDs	SA	MiDs	SA	SA	PiDs	MiPs	SA	SA	SA	SA	SA	PiDa	SA
	Calidad de Vida	SA	PCDs	SA	GrDs	PiIs	PiDs	MiPs	PiDs	PiDs	PiIa	PiIa	SA	PiDa	PiIs

Magnitud Grande (G); magnitud Mediana (M); magnitud pequeña (P). Impacto Inevitable (i); Impacto Recuperable (r); Impacto Prevenible (p); Impacto Compensable (c). Origen Directo (D); origen indirecto (I). Comportamiento Acumulativo (a); comportamiento Residual (r); comportamiento Simple (S). Color Rojo significa efecto negativo. Color negro significa efecto positivo. SA- sin efecto.

Tabla 32. Valoración Ecológica

Criterios de Evaluación	Factores Ambientales Afectados						
	Atmósfera	Suelo	Agua	Biodiversidad	Paisaje	Aspectos Sociales	Aspectos Económicos
Sin Proyecto							
Carácter (Ca)	1	-1	-1	-1	1	-1	-1
Intensidad (I)	0.5	1	1	1	0.8	0.4	0.4
Riesgo de ocurrencia (Ro)	5	9	10	10	10	9	9
Extensión (Ex)	0.5	0.5	0.9	0.7	0.5	0.4	0.4
Duración (Du)	0.5	0.7	0.9	1	0.8	1	1
Desarrollo (De)	0.1	0.5	0.5	0.2	0.5	0.1	0.1
Reversibilidad (Re)	0.3	0.7	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3
Cal. Ecológica Calculada (Ce)	**1.9**	**-6.12**	**-7.6**	**-7.2**	**5.8**	**-3.96**	**-3.96**
Valoración Cualitativa de la Ce	**MB**	**MM**	**MM**	**MM**	**MB**	**M**	**M**
Con proyecto y sin medidas							
Carácter (Ca)	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
Intensidad (I)	0.2	1	1	1	0.8	1	1
Riesgo de ocurrencia (Ro)	10	1	9	10	9	10	10
Extensión (Ex)	0.1	0.1	0.9	0.8	0.5	0.7	0.8
Duración (Du)	0.1	0.1	0.9	0.8	0.8	0.7	1
Desarrollo (De)	0.9	1	0.5	0.2	0.5	0.6	0.7
Reversibilidad (Re)	0.1	0.1	0.5	0.7	0.3	0.4	0.3
Cal. Ecológica Calculada (Ce)	**-2.8**	**-0.46**	**-6.84**	**-7**	**-5.22**	**6.8**	**7.6**
Valoración Cualitativa de la Ce	**M**	**M**	**MM**	**MM**	**MM**	**MB**	**MB**
Con proyecto y con medidas							
Carácter (Ca)	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
Intensidad (I)	0.1	0.7	0.2	0.9	0.5	0.9	0.9
Riesgo de ocurrencia (Ro)	4	1	9	8	9	10	10
Extensión (Ex)	0.4	0.1	0.1	0.7	0.5	0.7	0.7
Duración (Du)	0.1	0.1	0.6	0.9	0.8	0.8	0.7
Desarrollo (De)	0.9	1	0.3	0.3	0.5	0.9	0.8
Reversibilidad (Re)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
Cal. Ecológica Calculada (Ce)	**-1.28**	**-0.4**	**-2.34**	**-4.64**	**-4.5**	**7.2**	**6.8**
Valoración Cualitativa de la Ce	**M**	**M**	**M**	**M**	**M**	**MB**	**MB**
Clave: M=malo; MM=muy malo; B=Bueno; MB=muy bueno							

- **Pronóstico de la calidad del área de influencia**

A continuación, se presenta un análisis pronóstico de la calidad del medio natural dentro del área de influencia directa del proyecto considerando los tres escenarios y los resultados del análisis de la Calidad Ecológica (Ce) que se presenta en la tabla anterior:

- **Sin ejecución del proyecto:**

Es importante destacar que en este escenario se analiza en su conjunto el área donde se desarrollará el proyecto. Todos los factores ambientales, presentan balances negativos; exceptuando el factor aire, en las condiciones actuales es de buena calidad y por ende es el

único que presenta una valoración positiva aun por el tráfico existente en el camino. En el caso del recurso suelo, existe un acelerado proceso de erosión tanto hídrica como eólica por las diversas actividades pecuarias que la población realiza sin medidas tangibles de mitigación y a lo cual se le suma la condición topográfica de cerros de mediana altura con pendiente que favorecen este proceso de erosión y perdida de suelo.

En el caso del recurso agua, no hay cuerpos de agua permanentes, los ríos son temporales y en muchos casos ya son cauces estacionales, el recurso hidrogeológico es de buena calidad, pero profundo, lo cual imposibilita la accesibilidad para la gran mayoría de pobladores, en cuyo caso, el abastecimiento es a través de pozos de ENACAL.

El acelerado proceso de humanización y de la agricultura de subsistencia, más la ganadería extensiva, ha provocado la desaparición de una gran cantidad de hectáreas de bosques y su dinámica hacia otros usos como pastos y pasto con árboles aislados, mayormente.

Desde el punto de vista socio económico, es importante destacar que la zona se caracteriza por un nivel alto de pobreza (SETEC-INEC-FISE, 2001) y no se observan muchas fuentes de trabajo, que le permita a la población fuentes de ingresos adicionales.

- **Con proyecto y sin medidas de mitigación**

En el escenario con proyecto y sin medidas de mitigación, el componente atmosfera presenta una valoración de su calidad inferior en comparación con el escenario sin proyecto. Por otro lado, los componentes analizados agua, suelo, flora y fauna y paisaje presentan una calidad ecológica con una valoración similar a la anterior, la Calidad Ecológica se valora de Malo a Muy Malo.

Por otro lado, los componentes socio económicos se valoran cualitativamente positivos con la Calidad Ecológica (Ce) que varía entre 6.8 a 7.6 (Muy Bueno en ambos casos); esto se explica por el hecho de que el desarrollo del proyecto en cualquiera de sus etapas, creará puestos de trabajo y habrá una dinamización de la economía tanto local como regional.

- **Con proyecto y con medidas de mitigación**

En el escenario con proyecto más medidas de mitigación, la calidad ecológica general se verá sensiblemente mejorada en comparación con el escenario con proyecto, pero sin medidas de

mitigación, dado que los componentes socioeconómicos mejoran su valoración significativamente y en el análisis costo beneficio este aspecto es fundamental. En un análisis más detallado, al igual que en el escenario sin medidas de mitigación, el componente atmósfera como el componente suelo no tiene una variación significativa y conserva prácticamente la misma valoración cualitativa (Malo).

Por otro lado, el componente agua mejora su valoración del Ce tanto cuantitativamente como cualitativamente en comparación con el escenario con proyecto, pero sin medidas de mitigación; esto se explica por el hecho de que, en primer lugar, el proyecto garantizará que la construcción de las obras hidráulicas se encamine a un correcto manejo del escurrimiento y por otro lado no impactará el medio hidrogeológico, las obras de reforestación (medida de compensación) crean condiciones para que haya un mejor manejo del escurrimiento y la infiltración de aguas como parte de la recarga hídrica al acuífero local.

De igual modo, se observa para los componentes de biodiversidad y aspectos socioeconómicos, presentan valoración de la Ce positiva. Particularmente, la biodiversidad, con la ejecución del plan de reforestación, a mediano y largo plazo, se mejorará la repoblación de algunas especies y aunado a las medidas de concientización y capacitación de la masa de trabajadores en aspectos de conservación de los componentes del medio ambiente dentro del área de influencia del proyecto; aun por encima que sea como medida compensatoria, lo cual tiene el mismo efecto.

Los componentes socioeconómicos mejoran su valoración con respecto al escenario anterior, dado que la implementación de las medidas de mitigación tiene un efecto positivo en el entorno socioeconómico, principalmente por los aspectos ambientales y de contratación de mano de obra local.

4.1.10 Análisis de Amenazas y Riesgos

- **Análisis de Amenazas**

Constituye una valoración sobre la vulnerabilidad ecológica que tiene el ámbito de estudio, en su infraestructura, en su población y en sus recursos: se caracteriza por la predisposición a ser dañada por una amenaza específica o varias amenazas y se evalúa en función del tipo y extensión de los daños sociales, económicos, físicos, ambientales, ecológicos, entre otros.

A continuación, se exponen las amenazas del ámbito geográfico donde se ubica el área de actuación del proyecto:

- **Amenaza Sísmica**

De acuerdo con INETER (2001), Nicaragua se divide en 5 zonas de Amenazas por Sismicidad. Estas zonas se han delimitado considerando una inmensa base de datos de epicentros tanto en la zona de subducción como en la zona continental.

En dicho sentido, para el caso particular del tramo de interés, las fuentes sismo generadoras son dos: sismos provocados en la zona de Subducción en el Pacífico de Nicaragua y activación de fallas locales y aledañas al camino y los eventos de la cadena volcánica. El tramo se ubica en una zona de Amenaza Sísmica Alta (aceleraciones varias entre 3.6 m/s^2 en la zona de La Paz hasta 3.8 en la zona de Niquinohomo).

- **Sismicidad histórica**

Dentro del área de influencia Total del proyecto, en 44 años (desde 1977 hasta 2021) se han registrado un total de 1,266 eventos, cuyas magnitudes han oscilado entre menos de 1 y 6.7; esto da como resultado una relación de 28.7 sismos por año.

El tamaño de los terremotos se encuentra determinado por la extensión del área de ruptura en el plano de falla (longitud y anchura de la ruptura), los cuales determinan la cantidad de energía liberada, y por tanto la amplitud, frecuencia de las ondas sísmicas que produce. Los terremotos grandes liberan una enorme cantidad de ener mientras que los pequeños, no. Los sismólogos miden esta energía, con las escalas de magnitudes (M).

Las escalas de magnitud sísmica son logarítmicas, representan una valoración cuantitativa (instrumental) indirecta de la energía liberada por un terremoto basada en el desplazamiento del terreno registrado en los sismogramas (Escala Richter). Un terremoto M6 produce en el sismograma un desplazamiento 10 veces mayor de lo que lo haría un M5, y del mismo modo un terremoto M7 produciría un desplazamiento 100 veces mayor que el M5.

La intensidad responde a una estimación cualitativa de los efectos del terremoto basados en tres criterios básicos: cómo es percibido por las personas, sus efectos sobre las edificaciones e infraestructuras y sus efectos sobre el terreno y el medioambiente. Por ejemplo, la escala

de Mercalli es una escala de 12 grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras.

Queda claro que la intensidad de un terremoto varía con la cantidad de energía liberada (magnitud) y se encuentra condicionada por parámetros tales como la proximidad al epicentro, las características geológicas, calidad y naturaleza de edificaciones e infraestructuras como carreteras, puentes, túneles, por lo que un terremoto puede poseer un único valor de magnitud, pero sentirse con diferentes valores de intensidad.

En dicho sentido las intensidades máximas (escala relativa) de los sismos ocurridos en el área del camino varían de débil a fuertes. Esta valoración se ha considerado, debido a que no existen datos concretos de la intensidad de cada evento en la escala de Mercalli y solo se tienen informaciones históricas de la población, los cuales dicen que no han sucedido destrucción por sismos en toda el área alrededor del eje del camino.

- **Amenaza Volcánica**

De acuerdo con INETER (2001), los municipios de La Paz Carazo y Niquinohomo, incluyendo la zona donde se inserta el proyecto, se caracteriza por un nivel de Amenaza por Eventos Volcánicos Baja, lo cual se basa en el hecho de que las ultimas actividades volcánicas no han afectado en lo absoluto el área del proyecto, a pesar de su relativa cercanía con el complejo volcánico, principalmente al complejo Masaya y Mombacho.

En un esquema de actividad fuerte el volcán podría afectar la zona del proyecto en cualquiera de los siguientes tipos de eventos:

1. Erupción del tipo freatopliniana
2. Erupción del tipo Pliniana Dacítica
3. Erupción del tipo Estromboliana fuerte.

- **Amenaza por Sequía**

En los últimos años, el problema de la sequía en Nicaragua ha motivado a un seguimiento continuo por diferentes sectores claves de la actividad económica nacional, por ser Nicaragua un país agropecuario y, en consecuencia, altamente dependiente del comportamiento del régimen de precipitación, cuyo déficit provoca la sequía.

Según INETER, el país se está volviendo cada vez más vulnerable a las sequías como resultado de una tendencia manifiesta en la disminución del régimen de lluvias, como una consecuencia del cambio climático global.

La zona del Proyecto se ubica dentro de una zona que se caracteriza por un nivel de sequía Media a Alta. Es preciso señalar que, por el tipo de obra, un camino, la sequía no afecta directamente la obra; sin embargo, para las actividades de recuperación ambiental como de compensación, especialmente para las labores de reforestación y revegetación que serán desarrolladas en el marco del proyecto, si tiene implicaciones directas por el difícil del proceso de crecimiento de las plantas en condiciones de lluvias restringidas.

- **Amenaza por fenómeno de inundación y erosión**

No se encontraron a lo largo del camino zonas de inundación como tal, dado que no existen ríos o cuerpos de agua permanentes. En su defecto se han identificado una serie de cauces que presentan escurrimiento en época de lluvia y que tienen una dirección preferencial hacia el Sureste (Toda la parte de La Paz y la parte Media del Tramo) y hacia el Noroeste en los alrededores de Niquinohomo. No se observaron ni zonas de erosión, ni de inundación de ningún tipo.

- **Amenaza por huracanes**

De acuerdo con INETER (2001), los municipios donde inserta el proyecto presentan una amenaza baja por huracanes. A partir de 1876, se han suscitado algunos eventos ciclónicos que de una u otra manera han afectado toda el área de dichos municipios:

1. Cesar, Huracán Categoría 1, 1996.

2. Bret, Depresión Tropical, 1993.

3.1 Joan, Huracán Categoría 1, 1988.

4. Irene, Tormenta Tropical, 1991.

5. Sin Nombre, Tormenta Tropical, 1876.

- **Amenaza por Inestabilidad de ladera (laderas inestables)**

No se identificaron sitios con problemas de inestabilidad de laderas. De acuerdo con el modelo de Mora Vahrson (2021), el sitio del proyecto se ubica en una zona de nula o muy baja susceptibilidad por fenómenos de inestabilidad.

- **Sitios de socavación de puentes**

Se inspeccionaron visualmente los sitios de puentes a lo largo del camino y no se observaron problemas de erosión de las bases de dichos puentes.

- **Análisis de Riesgo**

Los resultados se observan en la tabla siguiente; en esta se presentan el tipo de amenaza que se ha analizado en el apartado anterior, la amenaza y los escenarios de ocurrencia de cada una de ellas aplicados para el área de influencia del proyecto.

Adicionalmente se presenta la valoración de dicha amenaza en base a la metodología propuesta, la valoración de la vulnerabilidad y finalmente el análisis de riesgo para cada tipo de amenaza considerada en el análisis.

Tabla 33. Evaluación de los riesgos (meteorológicos)

Tipo	Amenaza	Escenario	Valoración de la Amenaza	Valoración de la Vulnerabilidad	Evaluación del Riesgo
METEOROLOGICAS	Huracanes, Tormentas tropicales, depresiones tropicales.	En base a la información se estima que puede ocurrir un fenómeno 1 vez cada 10 años con consecuencias catastróficas para el proyecto, principalmente por los daños que lo vientos puede causar la estructura del pavimento y obras hidráulicas, otros elementos del proyecto y por los efectos económicos que la inoperatividad del proyecto pueda causar daños económicos a la población que utilizaran el camino.	3	3	Riesgo Tolerable 9
	Descarga eléctrica atmosférica	Las Descargas Eléctricas Atmosféricas (DEAT) constituyen el mayor de los disturbios Electromagnéticos que afecta, principalmente, a todos los proyectos que están relacionados con grandes áreas de actividad al aire libre como el camino; la ocurrencia de este tipo de fenómenos puede provocar lesiones a los seres humanos causando en ocasiones la muerte y afectaciones a los equipos. El sitio al estar expuesto al aire libre y en temporada de invierno está sujeta a la acción de las tormentas eléctricas o la de ocurrencia de rayos, que, en algún momento, pueden ocasionar daños, ya sea a algún componente del proyecto o a los trabajadores, principalmente durante la fase de construcción del mismo.	5	2	Riesgo Crítico 10
	Inundaciones	No existen ríos ni otros cuerpos de agua que puedan provocar inundaciones dentro del proyecto	1	1	Riesgo Aceptable 1
	Sequía	La zona se caracteriza por un nivel de amenaza por sequia alto.	5	1	Tolerable 5

Tabla 34. Evaluación de los riesgos (geológicos)

Tipo	Amenaza	Escenario	Valoración de la Amenaza	Valoración de la Vulnerabilidad	Evaluación del Riesgo
GEOLOGICAS	Sismicidad	La zona donde está inserto el proyecto, se clasifica de riesgo alto por sismos (INETER, 2001). De los datos revisados, se concluye que, existe la posibilidad de ocurrencia de un sismo de magnitud variada es de 28.7 sismos por año. Las consecuencias pueden ser leves a graves.	5	3	Riesgo Crítico 15
	Vulcanismo	De acuerdo con INETER (2001), la zona del proyecto se encuentra cercana a la cadena volcánica de Nicaragua; específicamente muy cerca de los Volcanes Masaya y Mombacho. Las últimas erupciones del Complejo Masaya, no han afectado en lo absoluto al sitio del proyecto.	1	2	Aceptable 2

Tabla 35. Evaluación de los riesgos (antropogénicos)

Tipo	Amenaza	Escenario	Valoración de la Amenaza	Valoración de la Vulnerabilidad	Evaluación del Riesgo
NATURALES Y/O ANTROPOGENICAS	Ocurrencia de Incendios	Hay evidencias de que ocurren incendios en los alrededores del proyecto, provocado las actividades agrícolas y/o cazadores furtivos. La existencia de material vegetativo características de las zonas secas y la forma inadecuadas de los pobladores de cazar especies como garrobos y extracción de miel de abejas con uso de quemas incontroladas; por otro lado, para la cosecha de la caña de azúcar el ingenio utilizar la quema como proceso de cosecha. Es posible que, en época de verano, puedan ocurrir varios conatos de incendios en los alrededores del proyecto.	5	2	Crítico 10
	Mordedura y/o Picaduras de Animales e Insectos	Los riesgos asociados a este grupo implican la mordedura de serpientes y de otros animales, así como de picaduras de insectos, incluyendo mosquitos y garrapatas. Esta condición tiene mayor riesgo de ocurrencia en zonas de vegetación arbustiva y principalmente durante la etapa de construcción del proyecto. Generalmente estas condiciones de vulnerabilidad de los trabajadores ocurren en condiciones de trabajo al aire libre. Es posible la ocurrencia de al menos 1 vez por año con consecuencias de leves a críticas para los trabajadores.	3	2-3	Riesgo Tolerable 6-9
	Accidentes Laborales	Las operaciones del proyecto se desarrollan al aire libre y en una zona rural, conlleva la posibilidad de que algún trabajador resulte golpeado a causa de la caída de piezas o maquinarias, golpes por otras causas y otras situaciones que puedan generar contusiones, laceraciones, hemorragias, dolor y pérdida del conocimiento. Finalmente, este riesgo se asocia con los posibles accidentes durante el proceso de construcción del proyecto y actividades conexas.	5	3	Critico 15
	Derrames	Este tipo de riesgo contempla la posibilidad de vertimiento accidental de insumos y materias primas líquidas e hidrocarburos, aceites ya sea sobre el suelo. Este tipo de proyecto conlleva, inevitablemente, el uso y almacenamiento de combustibles y otras sustancias liquidas contaminantes.	3	3	Tolerable 9

- **Registro de incidencias**

El encargado de HyS en coordinación con la Unidad de Medio Ambiente de la Empresa que será contratada para la construcción del proyecto; llevará un registro de todas las incidencias y accidentes que se puedan producir durante el desarrollo de las actividades. Se contarán con formatos oficiales para el reporte y registro de las contingencias y accidentes acontecidos, mismos que serán reportados a las autoridades pertinentes.

- **Conclusiones del análisis del riesgo**

Es relevante destacar que tomando en cuenta los resultados del análisis de riesgo fundamentalmente lo concerniente a las amenazas, el proyecto en estudio demanda la necesidad de un fortalecimiento de las capacidades operativas de la administración y de sus direcciones técnicas, con miras a implementar efectivamente las medidas ambientales y el programa de gestión ambiental, que permita reducir los riesgos sobre la infraestructura, equipamientos el medio físico natural y los operarios del proyecto y la población circundante.

El manejo de riesgos estará dirigido a desarrollar acciones de atención de emergencias en el caso de accidentes ambientales. El manejo involucrara diversas áreas de trabajo y a los actores de la comunidad. Sera básicamente preventivo, con el fin de minimizar los daños posibles al medio ambiente y la población. El mismo pondrá énfasis en la capacitación, en prevención de riesgos y medidas de emergencia, así como un eficiente programa de comunicación que permita una adecuada información entre la comunidad y la empresa contratista.

Tabla 36. Consolidado Evaluación Amenazas y Riesgos

Amenaza	Valoración de la Amenaza	Valoración de la Vulnerabilidad	Evaluación del Riesgo
Huracanes, Tormentas tropicales, entre otros	3	3	Riesgo Tolerable - 9
Descarga eléctrica atmosférica	5	2	Riesgo Crítico- 10
Inundaciones	1	1	Riesgo Aceptable - 1
Sequía	5	1	Tolerable - 5
Sismicidad	5	3	Riesgo Crítico - 15
Volcanismo	1	2	Aceptable -2
Incendio	5	2	Crítico - 10
Mordedura y/o Picaduras de Animales e Insectos	3	2-3	Riesgo Tolerable – 6-9
Accidentes Laborales	5	3	Critico - 15
Riesgo por Derrames	3	3	Tolerable - 9

- **Amenazas y Vulnerabilidades**

Histograma de Vulnerabilidad

La evaluación de vulnerabilidad implica la utilización de un histograma que contiene tres componentes principales y diecisiete variables. Los componentes son: materiales de construcción, diseño y tecnología de construcción.

Tabla 37. Valores de Escala

Escala (E)	Descripción de los Valores
1	Representa situaciones donde el proyecto, bajo condiciones particulares, pudiera presentar niveles altos de vulnerabilidad
2	Representa situaciones donde el proyecto presenta niveles de vulnerabilidad moderada.
3	Representa situaciones donde el proyecto presenta bajos niveles de vulnerabilidad.

Tabla 38. Criterios para Valorar el Histograma de Vulnerabilidad

No.	Componentes de vulnerabilidad	Variables	Criterios
1	**Materiales de Construcción**	**Disponibilidad de materiales**	Se valora la disponibilidad (cantidad y cercanía) de la materia prima necesaria para el proyecto.
		Renovabilidad de fuentes	Se considera el aspecto de renovabilidad de las materias primas que se utilizan en el proyecto que no son renovables.
		Agresividad del proceso	Se valora si los principales materiales de construcción del proyecto son agresivos al medio, debido a que en su fabricación se utilizan tóxicos, emisiones de agua contaminadas, polvo, ruidos, o cualquier otra sustancia que sea nociva a la salud humana
		Calidad y durabilidad el material	Se examina la calidad de los materiales principales utilizados en el proyecto, relacionándola con la durabilidad de la vida útil del proyecto.
		Protección/ Prevención	Se analiza la correspondencia entre los materiales propuestos en el proyecto y su adecuación al tipo de clima de la región, a partir de en variables como la temperatura, pluviosidad, humedad o el ruido.
		facilidad de sustitución o reparación	Se consideran las facilidades o dificultades de sustitución de los materiales originales propuestos, con recursos locales, de manera que se propicien o no las reparaciones y/o mantenimientos.
		Cultura local	Se estudia la correspondencia entre las tipologías constructivas y la cultura local.
2	**Diseño**	**Estabilidad**	Se valora si el diseño cumple con los parámetros de resistencia y estabilidad, según las características del suelo y el historial sísmico.
		funcionalidad	Se consideran los aspectos funcionales del diseño del camino (adecuada definición de los espacios)
		Confort ambiental	Se considera si el camino contempla un adecuado diseño en concordancia con el medio natural existente (zonas de clima cálido), facilitando la habitabilidad de los espacios, o una adecuada protección contra la intemperie.
		Eliminación de desechos	Se estudia si la solución del proyecto contempla un sistema de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos, y, en el caso de proponerse, se evalúa si la opción es idónea.
		Adaptación al medio	Se analiza si la solución del proyecto se adapta a las condiciones geomorfológicas del suelo-previniendo los grandes movimientos de tierras, dificultades de acceso al sitio o con los corredores de redes técnica-o si origina ruptura con el paisaje local
3	**Tecnología de Construcción**	**Fuerza de trabajo**	Se valora el tipo de fuerza de trabajo involucrada en el proyecto: especializada o no especializada proveniente de localidades aledañas.

	Equipamiento	Se considera la disponibilidad (cantidad y distancia) de equipos de construcción que se requieren en el sitio de construcción.
	Generación y disposición de desechos	Se estudia la cantidad de desechos sólidos generados por la tecnología constructiva, o si ésta requiere el uso y manipulación de sustancias contaminantes.
	Control de la ejecución	Se aprecia si la tecnología constructiva requiere supervisión y control permanente, según sus niveles de complejidad o si se requiere capacitación especial de la fuerza de trabajo
	Externalidades	Se analizan los aspectos no asociados directamente al proyecto pero que lo benefician o afectan

En la tabla siguiente se presenta el histograma elaborado para el proyecto:

Tabla 39. Histograma de Vulnerabilidad

No.	Componentes	Subcomponentes	Relación Escala /Peso						Σ	R			
			E 3	P 1	E 2	P 2	E 1	P 3		1.0-1.5 R	1.6-2.0 N	2.1-2.5 A	2.6-3.0
1	Materiales de Construcción	Disponibilidad de materiales					X	X					
		Renovabilidad de fuentes			X	X							
		Agresividad del proceso			X	X							
		Calidad y durabilidad del material	X	X									
		Protección ambiental	X	X									
		Facilidad de sustitución o reparació	X	X									
		FRECUENCIA (F)	3		2		1						
		ExPxF	3x1x3		2x2x2=		1x3x1		2				
		PxF	1x3=		2x2=4		3x1=		1				
		Valor Total	ExPxF / PxF =				2.1					2.1	
No.	Componentes	Subcomponentes	Relación Escala /Peso						Σ	R			
			E 3	P 1	E 2	P 2	E 1	P 3		1.0-1.5 R	1.6-2.0 N	2.1-2.5 A	2.6-3.0
2	Diseño	Cultura local	X	X									
		Estabilidad	X	X									
		Funcionabilidad			X	X							
		Confort operacional			X	X							
		Eliminación desechos					X	X					
		Adaptación/territorio					X	X					
		FRECUENCIA (F)	2		2		2						
		ExPxF	3x1x2		2x2x2=		1x3x2		2				
		PxF	1x2=		2x2=4		3x2=		1				
		Valor Total	ExPxF / PxF =				1,7				1,7		
No.	Componentes	Subcomponentes	Relación Escala /Peso						Σ	R			
			E 3	P 1	E 2	P 2	E 1	P 3		1.0-1.5 R	1.6-2.0 N	2.1-2.5 A	2.6-3.0
3	Tecnología de Construcción	Fuerza de trabajo	X	X									
		Equipamiento	X	X									
		Generación/disposición desechos			X	X							
		Control Ejecución	X	X									
		Externalidades					X	X					
		FRECUENCIA (F)	3		1		1						
		E	3x1x3		2x2x1=		1x3x1		1				
		P	1x3=		2x1=2		3x1=		8				
		Valor Total	ExPxF / PxF =				2,0				2,0		

La evaluación final de la vulnerabilidad del proyecto la integra un promedio de los valores evaluados. El procedimiento establece la suma de los valores registrados por todos los componentes y su división entre el número total de componentes. Este valor oscila entre 1 y 3, la tabla siguiente muestra los criterios de valoración para la evaluación.

Tabla 40. Criterios para Valorar el Histograma de Vulnerabilidad

Ítem	Evaluaciones	Análisis de Resultados							
		1.0-	1.6-	2.1-	2.6-	R	N	A	V
1	Materiales de Construcción			2.1					
2	Diseño		1.7						
3	Tecnología de Construcción		2.0						
	Promedio	1.9				1.9			

La valoración final de la vulnerabilidad del Camino La Paz Carazo San Pedro Niquinohomo se clasifica como de nivel medio.

- **Análisis Alternativo Metodología OEA-MTI (2010).**

OEA-UDSMA (2001) aplicó la metodología de Vulnerabilidad no Estructural para las principales correteras de Nicaragua y la cual estaba enfocada en la vulnerabilidad por amenazas. En base a la metodología no estructural, considerando los resultados de las (Evaluaciones de las Amenazas) y el método que se aplicó, se logró obtener una aproximación del nivel de vulnerabilidad del territorio donde se ubica el proyecto. La valoración de la vulnerabilidad de influencia (Vinf) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Vinf = \{(Av.x\ Ad)\} * ½\ (As + Ai) * Ir * d$$

Donde:

Vinf: Vulnerabilidad de Influencia (de 0 a 1).

Av.: Amenaza volcánica.

Ad: Amenaza por deslizamiento e inestabilidad de laderas.

As: Amenaza por sismicidad.

Ai: Amenaza por inundaciones.

Ir: índice de Pobreza.

d: Delta, Factor de Normalización =1/192.

Se considera que A_S son los factores que mayormente inciden al definir el grado de vulnerabilidad no estructural, según esta metodología. Cuando todos los factores sean iguales a 1, la vulnerabilidad de influencia, V_{inf} = 0,005 y cuando todos los factores son iguales a 4, V_{inf} = 1,00. Para una valoración de V_{inf} frente a los peligros estudiados correlacionados con los índices relativos de pobreza y aplicando la ecuación anterior, se tuvieron como resultados:

Tabla 41. Vulnerabilidades de Influencia a los Amenazas Estudiadas

Vulnerabilidad de Influencia	Rango	Ponderación
Moderado	V < 0.25	1
Medio	0.26 >V< 0.50	2
Alto	0.56 >V< 0.75	3
Muy Alto	0.76 >V< 1.00	4

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

Considerando los resultados de la Tabla Síntesis de las Amenazas y Ponderaciones de la Vulnerabilidad, ante los diferentes niveles de Amenazas, se define que la Vinf para el tramo tiene un valor de:

$$kVInf = \{(1.5\ x\ 1)\} * ½\ (3 + 1) * 0{,}667 * 0{\cdot}007 = 0{\cdot}02$$

Vinf: Vulnerabilidad de Influencia (de 0 a 1)

Av.: Amenaza volcánica

Ad: Amenaza por deslizamiento e inestabilidad de laderas

As: Amenaza por sismicidad

Ai: Amenaza por inundaciones

Ir: índice de Pobreza

d: Delta, Factor de Normalización =1/192.

Donde el valor de la variable d = 0.007 (recomendado por OEA-UDSMA, 2001). El valor de Ir se ha tomado del documento 0,667 (Índice de Desarrollo Humano para Nicaragua) que se ha consultado en Nicaragua - Índice de Desarrollo Humano - IDH 2021 | Datosmacro.com (expansion.com).

En base a lo anterior y considerando los valores que se plasman en la tabla, el valor de Vinf clasifica el tramo de Vulnerabilidad Moderada (V< 0.25=0,02). Este valor se

corresponde con el análisis de amenazas que previamente se ha realizado para el tramo y cuyos resultados se presentaron en el informe Geológico y de Amenazas. La ponderación de la vulnerabilidad por cada tipo de fenómeno analizado se plasma en la tabla siguiente:

Tabla 42. Ponderaciones de la Vulnerabilidad ante los diferentes niveles de Amenazas

Amenaza	Nivel moderado 1	Nivel medio 2	Nivel alto 3	Nivel muy alto 4
Volcánica	Este nivel de amenaza está condicionado a la cantidad de cenizas emitidas durante la erupción y a las condicionantes atmosféricas y dirección de los vientos.	Nivel condicionado a las caídas de los piroclastos de diferentes tamaños. Estos tamaños son función de la granulometría. Va desde arenas hasta cenizas.	Se aplica a erupciones de tipo estrombolianas o Plinianas, áreas afectadas a los flujos de lavas, gases y posibles nubes ardientes y bombas.	Determinantes en zonas próximas a conos volcánicos, emisión de gases, lava o explosiones violentas, gran volumen de piroclastos.
Deslizamiento	Sitios con rocas masivas sin estratificación, baja o nula permeabilidad que impide la meteorización profunda y limita los procesos de desmoronamiento del conjunto. Pendientes menores del 3 % y precipitaciones menores a 150 mm/año.	Zonas con rocas sedentarias y metamórficas, incluyendo calizas, pizarras y areniscas. Posibilita el almacenamiento de agua, la meteorización y la fracturación. Pendientes entre 3 y 10%, propiciando las condiciones de deslizamientos. Precipitaciones entre 150 y 200 mm/año.	Zonas volcánicas con Diferentes capas, alternando dif. permeabilidad, consistencia y fracturación. Las condiciones morfológicas y el clima inciden sobre la estabilidad de los materiales. Pendientes oscilan entre 11 y 25 %. Precipitaciones de 300 mm/año y también se encuentran depósitos aluviales.	La roca tiene la consistencia de una arcilla. Fracturación intensa. Zonas propicias para el almacenamiento de agua. Los suelos presentan rocas altamente meteorizadas. Pendientes mayores al 25% y as precipitaciones mayores a los 300 mm/año.
Sismicidad	La magnitud del sismo es menor de 3 en la escala de Richter, la profundidad de epicentros entre 100 y 300 km, sismos dificilmente	Los sismos oscilan entre 3 y 4 en la escala de Richter, la profundidad de los epicentros varía entre 30 y 100 km.	Los sismos oscilan entre 4 y 5 en la escala de Richter y la profundidad de los epicentros de 0 a 30 km.	Sismos mayores que 5 en la escala de Richter y la profundidad de los epicentros varía entre 0 y 30 km.
Inundaciones	Áreas que presentan un relieve menor del 2%, las precipitaciones menores a los 150 mm/año, el suelo presenta mayor capacidad de retención debido a la existencia de bosques y los tiempos de respuesta son mayores a 24 horas.	Las precipitaciones oscilan entre 150 y 200 mm/año, presentan un relieve entre el 2 y el 10%, la capacidad de retención de los suelos es poca, en algunas áreas el régimen hidrológico ha sido alterado y hay presencia de deforestación. El tiempo de respuesta oscila entre 12 y 24 horas.	El relieve oscila entre el 10 y 25%, las precipitaciones entre 200 y 300 mm/año, existe una fuerte erosión de los suelos y el tiempo de repuesta oscila entre 3 y 12 horas.	Las precipitaciones son mayores a los 300 mm/año, el relieve es mayor del 25% y la capacidad de retención de los suelos es poca o nula, ya que los terrenos se dedican a la labor intensiva. Los tiempos de respuesta son inferiores a tres horas.
Índice relativo de pobreza	La brecha de pobreza es menor del 4%	La brecha de pobreza oscila entre el 5 y 9%	La brecha de pobreza oscila entre 10 al 20%	La brecha de pobreza es mayor al 20%

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

4.1.11 Medidas ambientales

Tabla 43. Medidas de Mitigación

IMPACTO QUE SE PRETENDE REMEDIAR	EFECTO A CORREGIR SOBRE UN FACTOR AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	ETAPA DEL PROYECTO	FRECUENCIA	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE
Campamentos / Patio de Maquinaria.	La construcción de campamento y patio de maquinaria, aunque es una actividad muy puntual, genera impactos ambientales negativos, de duración media que son mitigables, su efecto está en la pérdida de suelo, cambio en el uso del suelo, afectación a la calidad de las aguas superficiales, generación de ruido y aumento de la accidentalidad Un menor impacto es la afectación a la fauna silvestre, la alteración del paisaje y la pérdida de vegetación. Estos impactos, ya indicados, se generan principalmente por un mal manejo de las actividades que se desarrollan. Las actividades impactantes dentro de la construcción y funcionamiento del campamento son entre otras: funcionamiento de oficinas, habitación para los trabajadores, cocina y comedor, infraestructura de agua, instalación recreativa, taller de mecánica, área de parqueo de vehículos pesados y depósito y surtidora de combustible.	**Ubicación del Campamento.** 1. En esta etapa del EIA no se tiene identificado el sitio exacto para la instalación del campamento, se presenta una propuesta que debe de ser aceptada o en su defecto redefinida; sin embargo, considerando la experiencia acumulada en Nicaragua en este tipo de proyectos, se presentan las principales medidas ambientales. 2. Para la localización del campamento el contratista debe presentar un plano topográfico con curvas a nivel con aberturas cada 50 cm, el cual debe de incorporar la red de drenaje, área de descarga y las medidas de protección contra la erosión; así como, la de protección contra incendios, disposición de desechos sólidos. 3. El plano deberá mostrar la ubicación de instalaciones, la dirección de los vientos predominantes y el uso que se pretende dar a cada instalación. 4. El contratista acompañará el plano con los dibujos de diseño típico de las edificaciones, en planta y elevaciones, así como, las protecciones del piso de las áreas de los talleres, de almacenamiento y despacho de combustible, y estacionamiento de vehículos y equipos. 5. El campamento debe estar retirado de los centros poblados a un máximo de 1 km del perímetro; los dormitorios y comedores deben quedar a un máximo de 50 metros de distancia de los talleres de servicio y despacho de combustible. **Operaciones** 1. En torno a la señalización, esta debe de cumplir con el catálogo del SIECA (secretaria de Integración Económica Centroamericana). Los rótulos a colocar son los siguientes, sin limitarse a ellos: 2. Otros rótulos a considerar: Prohibido El Paso a Personas No Autorizadas, se colocará un retén a la entrada del campamento con una valla para detener a las personas y vehículos no autorizados. 3. Los caminos de acceso internos del patio de máquinas deben estar en balastrados de tal manera que no permitan la formación de lodos en primer lugar y en segundo que prevengan la erosión hídrica (para ello el material debe de tener un Índice de Plasticidad menor de 11).	Ejecución	mensual	Costos directos del proyecto.	Contratista en coordinación con la supervisión del proyecto,

	4. En las áreas de los talleres se colocarán recipientes metálicos (tipo barriles de doble fondo) que serán utilizados para depositar lanillas impregnadas de grasa y diésel y los cuales posteriormente serán entregados a una empresa recicladora legalmente autorizada por MARENA. 5. Toda el área en general se mantendrá limpia de basura, desechos orgánicos o cualquier material inflamable que pueda producir un incendio. Dentro de las instalaciones se prohíbe quemar desechos sólidos degradables, así mismo, deben contar con los respectivos extintores, los cuales deben permanecer en lugares despejados y sin obstáculos. 6. En el sector de corte y soldadura se considera área de trabajo el radio de 2.5 metros desde el centro del punto de la actividad. 7. No se permite el uso de grasa y lubricantes a una distancia menor de 15 metros del cilindro de Oxígeno. 8. Los cilindros deben estar a una distancia de 5 metros como mínimo como relación al puesto del trabajo y no deben utilizarse materiales combustibles (tela, madera). 9. La soldadura en tanques de combustibles, se ejecuta siempre en condición completamente vacía y previamente soplados con vapor de agua fría. 10. Las instalaciones eléctricas deben de ser colocadas por un especialista y deben de cumplir con toda la normativa para este caso y con permiso de los Bomberos del Municipio o en su defecto del departamento más cercano. 11. Los desechos que contienen grasa y lubricantes como filtros deben estar colocados en un recipiente metálico (doble fondo) el cual estará ubicado en un área de poco acceso. Una vez llenados los recipientes deben de ser entregados a una empresa de reciclaje debidamente autorizada por MARENA.
Campamentos y Patio de Maquinaria.	12. La persona encargada del manejo de los lubricantes debe conocer las medidas ambientales, así como las Normas Técnicas Ambientales NTON[1] 05 – 004 – 01 y NTON[2] 14 – 002 – 03. 13. El lavado de vehículos y maquinaria debe efectuarse en lugares alejados de los cursos de agua y/o cauces en su defecto. 14. En el periodo de cierre de la obra, al patio de maquinaria deberá escarificarse el suelo para restituir la naturaleza original del suelo. **Temperatura y Humedad:** Las condiciones del campamento y planteles no deben ser fuente de molestias para los trabajadores. El contratista debe dar las facilidades para evitar el calor y la humedad, las instalaciones deben poseer una adecuada ventilación y no deben de existir goteras.

[1] Norma Técnica Ambiental para las Estaciones de Servicio Automotor
[2] Norma Técnica y de Seguridad para Estaciones de Servicio Automotor y Estaciones de Servicio Marinas.

Campamentos y Patio de Maquinaria.	**Ruidos y vibraciones:** Es necesario destacar que, por norma, en las instalaciones del campamento no se operan maquinarias pesadas entre el horario de las 6:00 p.m. y 6:00 a.m. excepto en condiciones de emergencia o autorización específica. **Sanidad y Salubridad:** A continuación, se detallan las principales medidas de sanidad y salubridad: **Dormitorios** 1. Los dormitorios para todos los empleados deben ser construidos con suficiente área de ventanas y ventilación. Los pisos deben ser de madera, concreto o cualquier otro material que facilite la limpieza. 2. La superficie por cama para el trabajador no debe ser inferior a los 4 m² y la altura mínima de la instalación será de 2.90 m. 3. En el caso de la instalación de literas, se considerará al menos 1 metro de distancia entre los dos bastidores. **Cocina y Comedor** 1. Estos deben ser construidos con suficiente ventilación, protegidos contra las moscas y deben ser mantenidos en condiciones sanitarias satisfactorias. Se recomienda construir fosas sépticas y trampas de grasa para darle cumplimiento al decreto[3] 33 – 95 2. Los lugares de cocina, comedor, bodega de alimentos no deben ser utilizados como dormitorios. 3. Los alimentos deben ser resguardados de la descomposición y contra los elementos contaminantes. En el área de cocina se debe observar las normas sanitarias respectivas. El área mínima para la cocina será de 12 m² y para el comedor 1 m² por cada usuario. 4. Los residuos provenientes de la cocina deben ser descargados por medio de tubos de P.V.C. hacia un pozo de infiltración no localizado a no menos de 15 metros de la cocina. **Suministro de Agua:** Se debe asegurar el suministro de agua potable de acuerdo a la Norma CAPRE (Comité Coordinador Regional de Instituciones de agua potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana) como mínimo 70 litros por día por trabajador. **Aguas Residuales** 1. Para el tratamiento de las aguas residuales domesticas se utilizará una planta de tratamiento tipo FAFA (filtro anaerobio de flujo ascendente) - Anexo No. 2. Se colocará en un sitio que no ofrezca riesgo de contaminación a las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano su distancia mínima es de 500 metros de fuentes naturales de agua y obras de captación como pozos excavados a mano o perforados. 2. La ubicación de este sistema de tratamiento nunca se debe ubicar aguas arriba de las fuentes de agua.

[3] Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias. Decreto 118. Publicado 26/06/95

	3. El nivel del manto freático no debe colocarse a menos de 30 metros de profundidad. 4. El terreno seleccionado no debe tener pendientes mayores del 10% ni localizarse en zonas expuestas a deslizamientos e inundaciones. 5. Los servicios sanitarios deben estar protegidos contra los diversos vectores y deben estar ventilados, se debe ubicar como mínimo a 50 metros de cualquier fuente de agua, a 25 metros de sotavento de los dormitorios o a 50 metros a sotavento de la cocina y comedores y los fosos serán rociados con desinfectante no menos de tres veces por semana. 6. Los inodoros y urinarios se deben instalar en debidas condiciones de desinfección. Esta condición también es extensiva a las duchas. En ambos casos, el piso debe estar a 30 cm. sobre el nivel del suelo. 7. Por norma se instalará 1 letrina cada 25 trabajadores y se instalaran letrinas para Mujeres separados de los Hombres. 8. En el caso de utilizar letrinas portátiles el contratista debe conseguir la aprobación del método de eliminación de los desechos.	
Campamentos y Patio de Maquinaria.	Manejo, tratamiento y deposición final de los desechos sólidos 1. Los desechos sólidos son del tipo no peligrosos, serán manejados con separación en la fuente, considerando el siguiente esquema de identificación de los recipientes: 2. Los desechos sólidos orgánicos serán retirados 1 vez por semana y colocados en el basurero municipal, los desechos de la cocina y comedor serán retirados cada 3 veces a la semana. Los desechos inorgánicos serán almacenados en el campamento en recipientes que serán trasladados al basurero municipal. Tales como, los desperdicios de comida y desechos orgánicos biodegradables.	Contratista en coordinación con la supervisión
Campamentos y Patio de Maquinaria.	**<u>Control de Enfermedades</u>** 1. El terreno del campamento será construido con un drenaje adecuado de tal manera que no haya anegación de aguas o aguas estancadas que sean vectores de contaminación. 2. El contratista debe tener un dispensario médico en un lugar de la obra.	Contratista en coordinación con la supervisión

		Abandono del Sitio 1. Todos los recipientes, instalaciones (oficinas, dormitorios, servicios sanitarios, comedor, cocina) deben ser removidos y eliminados. 2. Todos los fosos usados para servicios sanitarios, basuras o sumideros deben recibir tratamiento de cloruro de calcio u otro desinfectantes y rellenados con tierra. El área completa del campamento deberá quedar limpia y en condiciones semejantes al entorno. 3. El impacto derivado del campamento y parqueo tiene medidas de carácter compensatorias y para ello de forma proporcional al área del terreno a abandonar se considerarán como norma 1100 árboles por hectárea (en base a la norma CODA del INAFOR).				
Aprovechamiento de los Bancos de Materiales	**Calidad del Aire:** Las principales actividades impactantes del aprovechamiento de los bancos de materiales son entre otros: descapote ya sea de capa de suelo vegetal, material alterado y/o piroclastos, arranque del material, fracturación mecánica del material, acarreo del material, clasificación del material, carga de los camiones a la obra. Todas estas actividades generan partículas sólidas suspendidas que se incorporan al aire, que tienen un radio de afectación muy variable dependiendo de las condiciones climatológicas. Es un impacto adverso ya que disminuye la calidad del aire y es poco significativo porque son efectos temporales que permanecen el mismo tiempo que el aprovechamiento del banco de material. En el caso de la preparación de concreto hidráulico, se debe de tener presente que el patio de acopio de grava y su manejo, generan material particulado, lo cual debe de ser mitigado con aspersión al menos dos veces al día. **Ruido:** El movimiento constante de la maquinaria pesada, camiones de carga, personal y la operación de mezcladora para la preparación de	1. Para el aprovechamiento de los tres bancos de interés, el contratista debe obtener la debida autorización de la delegación de MARENA; en dicho sentido, solo el San Antonio tiene concesión minera, pero no se logró conocer del permiso de operación ambiental firmado por MARENA. 2. El contratista debe obtener el respectivo permiso del Ministerio de Energía y Minas (MEM). 3. A fin de mitigar, compensar y prevenir los impactos ambientales que ocasionan las actividades de Aprovechamiento de los Bancos de materiales, se debe implementar la **NTON 05 – 016 - 02** (Norma Técnica Ambiental para el Aprovechamiento de los Bancos de Material de Préstamo para la Construcción). 4. El límite de velocidad para los camiones del contratista se debe de desplazar a una velocidad de 30 km/hora en los centros poblados, de esta manera se disminuye el material particulado en suspensión (polvo) y el ruido. 1. El mantenimiento de la maquinaria y vehicular es el único medio para minimizar la generación d niveles altos de ruidos y proveer a los trabajadores	Ejecución	En toda la duración del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión

	concreto generan niveles de ruido altos y variables. El ruido ahuyenta a la fauna y en algunos casos ocasiona problemas de salud como sordera temporal; así como, estrés y altas alteraciones sicosomáticas; es un impacto poco significativo porque es un impacto temporal e intermitente. Todos los bancos están en explotación, por lo que la pérdida de la Calidad del Suelo e Incremento de la Erosión, son mínimos y mitigables. En la fase de descapote la cubierta vegetal que cubre a los bancos de materiales perdiéndose sus características físicas como estructura, espacio poroso, densidad. Al mismo tiempo al separarlo de su cubierta vegetal y acumularlo en montículo es lavado por la lluvia, lo cual disminuye su fertilidad. Este impacto es adverso significativo debido a que la recuperación total del sitio llevara varios años para el establecimiento de las primeras etapas de la sucesión ecológica de la vegetación y varios cientos de años para el desarrollo de un horizonte orgánico de suelo.	de equipo de seguridad adecuados, especialmente tapones para los oídos (SNR 30). 2. La localización del banco debe ser según especificación de la NTON 05 – 016 – 02 (Norma Técnica Ambiental para el Aprovechamiento de los Bancos de Materiales para la Construcción) Para este caso se aplica la NTON 05 – 016 – 02 ((Norma Técnica Ambiental para el Aprovechamiento de los Bancos de Materiales para la Construcción) en sus capítulos referente al manejo de la capa vegetal y cierre del banco. Es probable que alguna cantidad de suelo vegetal debe de ser removido, este será almacenado temporalmente en un sitio que tenga una pendiente muy suave con drenaje perimetral que evite que el escurrimiento pueda accionar la erosión del suelo almacenado. El suelo se acumulará en montones que no tendrá más de 10 m de alturas y en la época de invierno deberán de ser revegetados con grama o zacate adecuado al tipo de suelo, esto permite evitar al máximo la erosión del suelo. Una vez terminada la explotación del banco por parte del proyecto, el suelo sirve para las actividades de recuperación ambiental o jornada de reforestación como medida de compensación del proyecto.
Aprovechamiento de los Bancos de Materiales.	**Modificación de la Calidad de Agua del Acuífero** Durante el aprovechamiento del banco de materiales se utiliza combustibles y lubricantes para la maquinaria que se encuentra trabajando en el banco, lo que pudiera ocurrir por un inadecuado manejo de los mismos, dando como resultado una lixiviación de los hidrocarburos hacia el manto freático, contaminando los acuíferos, la ubicación de los bancos de materiales es fundamental para no afectar la recarga de los acuíferos,	1. La medida de mitigación es de prevención al aplicar la NTON 14 – 002 – 03 (Norma Técnica y de Seguridad para Estaciones de Servicio Automotor y Estaciones de Servicios Marinas, referente a la ubicación. 2. Si por cualquier razón ocurriera contaminación del agua superficial se debe dar aviso a las autoridades competentes (MARENA – INE) para que ellos orienten las acciones a seguir. Si ocurriera contaminación de las aguas subterránea se debe dar aviso a las autoridades competentes (MARENA – INE) para que orienten las acciones a seguir. En este caso se debe de aplicar lo establecido en el subprograma de contingencias, en lo referente a derrames. 1. No se tiene un registro de enfermedades pulmonares asociado al aprovechamiento de Bancos de Materiales en los proyectos viales. 2. Aplicar la NTON 05 – 016 – 02 (Norma Técnica Ambiental para el Aprovechamiento de los Bancos de Materiales para la Construcción) en cuanto a su capítulo de ubicación de los bancos de materiales. Suministrar al personal los equipos de protección (guantes, máscaras, botas, casco) de acuerdo a lo expresado por el código del trabajo de la República de Nicaragua.

	resultando el impacto como significativo. **Afectaciones a la salud** Para la construcción del tramo de camino se utiliza rocas de empleo directo en obras de infraestructura y construcción que no requieran más operaciones que las de arranque, fragmentación y clasificación. La generación de material particulado y de niveles de ruido excesivo aun de forma intermitente, pueden afectar al sistema respiratorio, provocando enfermedades respiratorias. Generalmente una exposición a estos materiales no tiene efectos en la salud humana; sin embargo, en el proceso de preparación de concreto es donde se genera una cantidad de partículas en suspensión que en exposiciones prolongadas puede ocasionar daños a la salud reflejándose como enfermedad pulmonar **Modificación de la Topografía:** El aprovechamiento de cualquier banco de material produce cambios topográficos permanentes y lo cual se cataloga como un impacto significativo; aun en el caso de que los bancos de materiales se encuentran en una fase de aprovechamiento.	Este impacto ambiental no es mitigable; sin embargo, se puede aplicar medidas de carácter compensatorio como es la revegetación en la zona del proyecto.				
Planta de Preparación de concreto.	**Disminución de la Calidad del Aire:** La operación de la planta de preparación de concreto (mezcladora industrial) genera emisiones de partículas en suspensión por la utilización de material pétreo y cemento, debido al movimiento de esos materiales en las bandas transportadoras o mezcladoras. El impacto potencial es grande y significativo por tener una afectación negativa a la salud de las personas.	1. Las medidas son de carácter preventivo y es proveer a los trabajadores del EPP de acuerdo a lo expresado por el código del trabajo de la Republica de Nicaragua. 2. La ubicación de las plantas debe estar alejada de los centros poblados preferiblemente. 3. El contratista debe darle el mantenimiento adecuado a los motores de la maquinaria de construcción de tal manera que disminuyan las emisiones contaminantes.	Ejecución	En toda la duración del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión

	Manejo y Almacenamiento de Combustibles y Lubricantes.	1. Medida de mitigación es de carácter preventivo, para ello debe de considerarse la NTON 14 -002 – 03 (Norma Técnica y de Seguridad para Estaciones de Servicio Automotor y Estaciones de Servicio Marinos), especialmente en lo referente al diseño de las cimentaciones acápite 5.3.2 y el acápite 5.4 sobre tanques de almacenamiento. El Capítulo 6 sobre las edificaciones verticales en las estaciones de servicio automotor. 2. Adicionalmente la NTON 05 – 004 – 01 (Norma Técnica Ambiental para las Estaciones de Servicios Automotor), especialmente en lo referente a los capítulos 4 y 5 que trata de la ubicación y distancias y seguridad en las instalaciones. 3. En el caso de los aceites usados, estos serán almacenados temporalmente en recipientes herméticos (barriles) y almacenados temporalmente en sitio con piso impermeables y bajo techo y cercado con malla perimetral para su posterior entrega a una empresa de reciclaje debidamente autorizada para ello. 4. Si el combustible o lubricante llega al suelo en volúmenes pequeños < 10 litros, producto de un mal manejo o bien por accidente se deberá proceder a retirar el área afectada por medio de una excavación llevando ese suelo a un recipiente hermético para su posterior deposición a donde lo indique las autoridades competentes. 5. Si el volumen es mayor se deberá comunicar a las autoridades competentes (MARENA, - INE - Alcaldía Municipal – Supervisión).	Ejecución	En toda la duración del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión
	Contaminación del Agua Superficial y Agua Subterránea. El impacto ambiental a las aguas superficiales ocasionado por un derrame de combustible o lubricantes afectaría las propiedades Físico – Químico impactando aguas abajo (en la zona no hay ríos permanentes pero los cauces drenan sus aguas a otros ríos con caudal permanente o en su defecto al lago de Nicaragua). El impacto a las aguas subterráneas es significativo por el tipo de ambiente geológico permeable y que fácilmente puede contaminar la fuente acuífera subterránea.	1. La medida de mitigación es de prevención al aplicar la NTON 14 – 002 – 03 (Norma Técnica y de Seguridad para Estaciones de Servicio Automotor y Estaciones de Servicios Marinas, referente a la ubicación. 2. Si por cualquier razón ocurriera contaminación del agua superficial se debe dar aviso a las autoridades competentes (MARENA – INE) para que ellos orienten las acciones a seguir. Si ocurriera contaminación de las aguas subterránea se debe dar aviso a las autoridades competentes (MARENA – INE) para que orienten las acciones a seguir				
Abra y Destronque	Esta actividad consiste en la tala, destronque, remoción y desecho de toda vegetación, basura, desperdicios y del material objetable existente dentro de los límites designados del tramo de carretera, de las vías de acceso de los bancos de materiales,	1. El corte de árboles debe contar con el respectivo permiso del INAFOR (Instituto Nacional Forestal) y estos deben estar dentro de las distancias de ampliación de la calzada. 2. Los árboles que no están dentro de las especificaciones de los planos constructivos, no pueden ser cortados por encontrarse bajo la ley 462 (Ley Forestal)	Ejecución	-En la primera etapa de ejecución del proyecto Paralelamente al desarrollo	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión

	con excepción de aquellos árboles destinados a quedarse en su sitio. El abra y destronque será llevado a efecto con anticipación a las operaciones de excavación y movimiento de tierra. En esta actividad habrá estacionamientos en que se necesitará hacer el abra; otros en que solo el destronque y otras en que efectuará ambas operaciones de acuerdo a las condiciones específicas de los planos.	3. Los obreros del contratista deben ser instruidos de no cortar árboles para la obtención de leña. Este impacto ambiental tiene medidas compensatorias siendo el programa de revegetación para lo cual se ha estimado la siembra **de 6,190 árboles (considerando una tasa de 10 árboles cada uno cortado y del inventario de especies a afecta de 619), y 22,000 m^2 de engramado en diferentes áreas del proyecto siendo las siguientes (esta información está pendiente de parte de DYSCONCSA):** a. Colegios que están en el área de influencia del proyecto. b. Productores cuyas propiedades estén en la influencia del proyecto. c. Alcantarillas 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo. d. Engramado de los taludes, cabezas de alcantarillas y aproches.	Final del proyecto	de la obra se realizará el establecimiento de 6,190 árboles, y 22,000 m^2 de engramado	U$ 45,659.69 dólares considerando 1100 árboles por hectáreas y un total de 5.6 ha con un costo de 8,114.00 U$ por hectárea para los primeros 4 años de plantación (CODA 22-20017).	
Construcción de Obras de Drenaje Pluvial	**Alcantarillas y cunetas:** Las acciones que conlleva la construcción del drenaje pluvial que consiste en alcantarillas, cunetas, vados y puentes, se basan en excavaciones. Estas acciones no generan impactos de gran envergadura en el medio ambiente; sin embargo, la posibilidad de ocurrencia de un accidente que ponga en riesgo la vida del trabajador es real, producto de un derrumbe debido a que se tiene que hacer un corte de más de 3 m de profundidad y se puede ocasionar accidentes de tránsito para los usuarios de la vía. Este impacto por su implicancia está considerado como de mediana magnitud y es prevenible su mitigación.	1. Medida de mitigación preventiva, colocar rótulos preventivos a 100 metros previos al sitio de excavación en ambas direcciones. Rotulo del tipo de señales de prevención para la ejecución de trabajos en la vía del catálogo de señales del **SIECA** (secretaria de Integración Económica Centroamericana). Los rótulos son a 100 metros previos a 30 metros antes del sitio de trabajo una valla que indique el tipo de trabajo. PP-11-5 PP-11-6 PP-13-6 2. De noche, durante la construcción, instalar faros con destellos, linternas, rótulos fluorescentes, a fin de guiar y mantener abierta la vía, y prevenir cualquier tipo de accidente con los usuarios. 3. Los trabajadores deben llevar consigo su EPP pertinente. 4. Unos 50 metros del sitio de trabajo se colocan los reguladores de tráfico para que los vehículos crucen el sitio de trabajo a 15 km/hora, a fin de reducir la vibración y por ende el derrumbe. 5. En caso de ser estrictamente necesario, si el cambio de las alcantarillas ocurre en periodo de lluvia se hace necesario establecer presas de decantación utilizando geotextiles y ubicadas aguas abajo de la alcantarilla a fin de retener los sedimentos en suspensión y no afecte aguas abajo.	Ejecución	En toda la duración del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión

Construcción de Obras de Drenaje Pluvial	**Erosión:** La erosión hídrica del suelo por donde pasa la carretera está relacionado a la presencia de agua sobre la vía. El trazado de la carretera cruza terrenos que por naturaleza tienen una red de drenaje o cauces naturales. Las carreteras que no tienen un drenaje adecuado para manejar fuertes precipitaciones o inundaciones. El tipo de suelo por donde pasa la carretera se caracteriza por ser altamente deleznable (suelo reciente), por lo que es de esperar altos volúmenes de agua para drenar trayendo consigo una profundización de los niveles de erosión por el encharcamiento y paso de vehículos.	La medida ambiental a implementar es de carácter preventivo, es necesario que en el diseño de la obra se considere la red de drenaje, a fin de evitar el encharcamiento del camino.				
Movimiento de Tierra (Excavación y nivelación)	El movimiento de tierra se ejecuta directamente sobre la calzada y principalmente ocurre sobre el material que proviene de los bancos de materiales, esta actividad trae como consecuencia impactos potenciales negativos y positivos. **Contaminación del Aire:** Este impacto ambiental ocurre por las partículas sólidas suspendidas, trayendo como consecuencia impactos a la salud de los trabajadores como a los pobladores del área de influencia directa del proyecto.	1. Dotar a los trabajadores con los equipos respectivos de seguridad laboral que indica el código del trabajo vigente en la República de Nicaragua, especialmente las máscaras para el polvo. 2. Aplicar un riego con agua periódicamente de acuerdo a las condiciones ambientales (Viento y radiación solar) generalmente la aplicación es más seguida en la época seca (Noviembre – Abril). Se recomienda aplicar dos riegos por día.	Ejecución	En la primera etapa del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión
Movimiento de Tierra (Excavación y nivelación)	**Riesgo por accidente:** El riesgo de ocurrencia de un accidente es probable debido a que en el movimiento de tierra sobre la vía aflora material que excede a lo que indican en las especificaciones de diseño y hay que removerlas, el personal designado a realizar la actividad se le llama Boloneros.	1. El personal será capacitado previamente en aspectos relacionados con la reducción de la accidentalidad. 2. Los vehículos a utilizar en esta actividad deben estar en óptimas condiciones, principalmente la alarma que indica que el equipo va en reversa y es este sonido el que previene los accidentes	Ejecución	En la primera etapa del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión
	Generación de Empleos: Considerando que el área del proyecto se encuentra inmersa en una zona de pobreza media, la demanda de mano de obra del proyecto vendrá	Impacto positivo, no hay mitigación				

	a mejorar la situación económica y social de la población.					
Depósito de Material no clasificado y sobrantes, desechos de construcciones, etc.	Es importante destacar que antes de utilizar las áreas, estas deberán ser sometidas a la aprobación tanto del MARENA como de la Municipalidad. No se colocará material sobrante en las cercanías de las áreas pobladas, cursos o reservorios de agua, infraestructura de servicios públicos y zonas de fragilidad ecológica. El propietario del terreno emitirá el respectivo permiso. Una vez determinado el cierre definitivo del botadero, éste debe quedar revegetado y conformado de acuerdo al relieve del entorno.	Los sitios utilizados como botadores deben tener varias características: 1. Pendiente entre 2 - 6% para evitar la acumulación de agua. 2. No debe estar a menos de 100 m de un cuerpo de agua. 3. Se debe contar con el permiso respectivo del dueño de la propiedad. 4. Si el sitio de relleno es grande (> 0.5 hectárea) se procederá a retirar la capa de suelo superficial y se almacenará para su posterior utilización en la restauración del sitio. 5. El material colocado en los sitios debe ser compactado y revegetado inmediatamente cuando se ha dejado de utilizar, las especies forestales a utilizar deben ser los nativos, también se debe utilizar gramínea para proteger el suelo compacto y no sea sometido a la erosión hídrica. La capa de suelo debe de ser manejada en base a la NTON para bancos de materiales en lo concerniente al manejo del suelo de descapote.	Ejecución	En toda la ejecución del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión
Aprovechamiento de Fuentes de agua	El impacto potencial en el aprovechamiento de las fuentes de agua seria producto de un manejo inadecuado en los mecanismos de extracción y traslado. Su afectación se reflejaría en la alteración de los parámetros físicos – químicos de la fuente de interés.	La Ley del agua (Ley Nº 620), establece que la única institución en otorgar permisos de aprovechamiento de agua (ya sean superficiales o subterráneas) es la autoridad nacional del agua (ANA). El contratista deberá presentar solicitud de aprovechamiento ante el ANA y debe de elaborar todos los requisitos exigidos para el permiso de aprovechamiento. Adicionalmente se destacan las siguientes medidas: 1. El contratista le propone a la supervisión las fuentes de agua a utilizar, la supervisión evalúa las condiciones del entorno para proceder a autorizar el aprovechamiento. 2. El contratista debe establecer un sistema de extracción de agua de manera que no exista, contaminación del recurso por lo que el camión cisterna no debe tener contacto con el agua, la bomba a utilizar debe ser estacionaria y colocada a 30 metros del cuerpo de agua y el sitio debe estar impermeabilizado.				
Limpieza Final de la Obra.	El contratista despejara los sitios de obra y restaurará, así su condición original, incluyendo aquellos terrenos de propiedad pública o privada que hayan sido utilizadas como banco de préstamos. Se removerá el material sobrante y las instalaciones provisionales, se limpiará las cunetas, cauces que hayan quedado obstruidos. Los efectos ecológicos más significativos que se generan de la construcción del camino son entre otros:	Esta actividad del proyecto se considera como positiva por lo tanto no se contempla medidas ambientales. **Señalizaciones** Los estudios referentes a esta técnica han señalado que los letreros y demás avisos de precaución que indican la presencia de animales en la vía, en gran medida son ignorados por los conductores, si estos no van acompañados de los rótulos de la velocidad permitida (Bonds, 2001).	Ejecución	En la etapa final del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión

Afectación a la Fauna Silvestre.	**Fragmentación de hábitats:** La fragmentación ocurre cuando un hábitat grande (como el área donde está el camino de interés) continuo se reduce y se subdivide en dos o más fragmentos (ya sea de forma temporal o permanente). Este fenómeno está casi siempre cuando el área es atravesada por una carretera (Primack, 1998). La fragmentación del hábitat tiene dos efectos principales, el efecto barrero y el efecto borde. **Efecto Barrera:** El efecto barrero se produce cuando se impide la movilidad de los organismos o de sus estructuras, lo que trae como consecuencia la limitación del potencial de los organismos para su dispersión y colonización. Especies de insectos, aves y mamíferos no cruzan estas barreras; por lo tanto, como efecto colateral, las plantas que tienen frutos carnosos o semillas que dispersan los animales se afectaran también **Efecto de Borde:** Se presenta cuando un ecosistema es fragmentado y se cambian las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos y de la matriz circundante (Catan, 2002). El efecto que se produce es la introducción de especies generalistas en los hábitats.	<u>Por lo tanto, en los sitios donde hay evidencias de movilidad de fauna, se colocarán reductores de velocidad. En esta etapa no se pueden definir con exactitud dichos sitios, el Contratista realizará un estudio puntual para este tema.</u> Lo principal es minimizar el efecto borde y aumentar la conectividad entre fragmentos. Para lo primero habría que diseñar áreas de amortiguamiento entre los fragmentos y la matriz, plantando, alrededor, por ejemplo, especies nativas de rápido crecimiento. 1. Para mantener los fragmentos conectados pueden crearse “corredores biológicos” que permitan el movimiento de los organismos entre ellos, y que constituyan a la vez un refugio para las especies. 2. Una medida de mitigación efectiva, es también estructuras transversales para pasos de fauna y la prevención de atropellos mediante vallas. Los túneles son las estructuras que más contribuyen a reducir el efecto barrero de las vías y a reducir la fragmentación de hábitats.	Ejecución	En la etapa de ejecución del proyecto	Pendiente por el Contratista	Contratista en coordinación con la supervisión
Afectación a la Fauna Silvestre.	**Atropellamiento:** Este es un impacto inevitable y cierto. El atropellamiento de fauna es el impacto directo más fácil de reconocer en comparación con otros como la fragmentación, deterioro del ecosistema y cambios en el comportamiento de los animales en especial porque constantemente se observan los cuerpos de los animales muertos.					

	Ruido: El ruido generado por el tránsito vehicular es uno de los factores que mayores impactos ecológicos causan a la fauna, ya que produce varios efectos como el desplazamiento, y reducción de áreas de actividad y un bajo éxito reproductivo, lo que está asociado a perdida de oído, aumento de las hormonas del estrés, comportamientos alterados interferencias en la comunicación durante la época reproductiva, entre otros (Forman y Alexander, 1998). **Presencia Humana:** Los seres humanos pueden afectar la fauna. Por su lado las especies de fauna gasta energía potencialmente utilizable en actividades reproductivas o de forrajeo para evitar el contacto con el hombre (Primm, 1996).	**Educación Ambiental:** 1. Educar a los trabajadores y lideres comunales sobre la conservación de la biodiversidad en los talleres de educación Vial – ambiental, dirigido a los profesores y estudiantes de los centros educativos que se encuentran en tramo del camino. 2. Desarrollar la temática sobre la conservación de la biodiversidad en el taller de seguridad ocupacional y Ambiental dirigido a los trabajadores y supervisión. 3. Desarrollar la temática sobre la conservación de la biodiversidad en los talleres de educación vial – ambiental dirigido a los pobladores y líderes comunitarios.
Generación de empleos	La construcción del camino genera empleos de carácter temporal; sin embargo, por la ubicación de este tramo en una zona de pobreza media, el empleo generado será un impacto grande y positivo.	Impacto positivo, no hay mitigación.

4.2 Analizar las condiciones de seguridad vial existentes y las mejoras propuestas por el proyecto, con énfasis en la protección de peatones y ciclistas, a partir del análisis técnico del diseño vial y la normativa aplicable.

4.2.1 Características geométricas de la vía y su incidencia en la seguridad vial

Se describen las características geométricas existentes y proyectadas de la vía. Esto incluye anchos de carril, pendientes, curvaturas y presencia o ausencia de aceras. Esta información permite identificar zonas con mayor interacción entre vehículos y usuarios vulnerables como peatones y ciclistas.

4.2.1.1 Clasificación Funcional.

Actualmente la vía está clasificada como Camino Vecinal. Posteriormente con los resultados del TPDA de Tráfico el cual es 3,863vpd y la construcción de la nueva carretera y esto sumando las características que actualmente tiene la vía. Además, conforme al manual SIECA 2011 se ha llegado a la conclusión de clasificar a la Vía como **Arterial menor Rural** y tomando en cuenta su función conforme al manual Red Vial de Nicaragua es considera **"ARTERIAL MENOR RURAL"** (AMR), cabe mencionar que se obtendrá como producto final una nueva vía, que será dotada con la infraestructura geométrica vial adecuada en todos sus elementos geométricos viales que le permitirá, en función del mecanismo operativo de la estructura de clasificación funcional dentro de la red vial del MTI, mejorar su nivel de clasificación funcional.

Figura 9. Clasificación Funcional de la Carretera, Pagina 33 SIECA 2011 Tercera Edición

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

(1) Con excepción de la clase RURAL que será de terracería, todas las demás clases deberán de ser pavimentadas. Las Clases CR, CU y LR también podrán ser pavimentadas o de terracería.
AA=Autopista; AR=Arterial Rural; AU=Arterial Urbana; AMR=Arterial Menor Rural; AMU=Arterial Menor Urbana; CMR=Colector Mayor Rural; CMU= Colector Mayor Urbana; CR=Colector Menor Rural; CU=Colector Menor Urbana; LR=Local Rural; LU=Local Urbano; R=Rural.

(2) Tránsito Promedio Diario (TPD).

4.2.1.2 Velocidad de Diseño.

Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la fórmula: V = d/t. Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a que se mueve un vehículo varía constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

Como el tiempo de recorrido es una función de la velocidad, cambiando la velocidad en un viaje, se puede variar el tiempo de recorrido. La velocidad está bajo el control del conductor y por lo tanto su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo recorrido y el ahorro de tiempo según la variación de la velocidad, por lo tanto, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada.

A mayores velocidades se obtendrá un ahorro en el tiempo, pero el ahorro de tiempo de recorrido es menor a medida que aumenta la velocidad. Después de los 90 km/hora, los ahorros de tiempo, al aumentar la velocidad, son relativamente pequeños. Desde luego, que los ahorros de tiempo son mayores al incrementar la velocidad en magnitudes menores, por ejemplo, de 30 a 50 km/hora.

Conforme al Manual Centroamericano **SIECA 2011, tercera edición**, se ha tomado en consideración el siguiente párrafo textualmente para la selección de la velocidad de diseño del proyecto. *"En autopistas y carreteras arteriales principales, en áreas rurales, debe seleccionarse una velocidad de diseño de 110KPH. En carreteras colectoras de carriles múltiples, en áreas suburbanas y rurales, las apropiadas velocidades de diseño son de 80 a 100KPH. En carreteras colectoras el rango de velocidad debe ser de 30 a 80KPH y rango de velocidades de 20 a 60KPH pueden utilizarse en carreteras vecinales."*

Conforme al párrafo anterior del manual SIECA página 56 el cual **se ha tomado como referencia definimos una velocidad de Diseño de 60KPH**. De manera que el cuadro de la SIECA 2004 la cual se ha tomado como referencia se puede ver también la selección de la velocidad de Diseño conforme a los TPDA.

Figura 10. Velocidades de diseño en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.

VELOCIDADES DE DISEÑO EN KILÓMETROS POR HORA, EN FUNCIÓN DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

Tipo de Terreno	Volúmenes de tránsito Diario ó TPDA, en vpd			
	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3000-500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Fuente: SIECA 2004, página 94

De forma conclusiva a como se observa el cuadro anterior la velocidad en función del TPDA es de 60KPH. Sin embargo, el estudio de tráfico del proyecto establece: "Una vez mejorada la vía en estudio y considerando que la velocidad de diseño es de 60 kph, esta obtendrá una mejoría sustancial en sus Niveles de Servicio actuales, en función del aumento de velocidades esperado para la flota vehicular usuaria de la misma". Por lo tanto, se ha tomado finalmente una velocidad de diseño de 60KPH y 40KPH para las zonas críticas donde las características estén limitadas, cuyo radio mínimo de curvatura es de 113m y 41m respectivamente.

4.2.1.3 Radio Mínimo de Curvatura.

El valor del Radio Mínimo de Curvatura fue determinado a partir de la aplicación de la fórmula establecida en la AASTHO 2004 (abajo descrita) en función de la velocidad de diseño (VD) establecida de **60 KPH**, el valor del peralte o Sobreelevación máxima seleccionada para uso y aplicación en el Proyecto, equivalente al **8.00%** y el respetivo valor de Coeficiente de fricción lateral de **0.17,** el Valor del Radio Mínimo de Curvatura resultante a partir del cálculo a través de cualquiera de las siguientes expresiones, correspondió a lo siguiente:

$R_{min} = \frac{V^2}{127\ (0.0\ le_{\max} + f\ max)}$ aplicación de una de las expresiones anteriores, se obtiene el valor correspondiente al Radio Mínimo de Curvatura de conformidad a lo que a continuación se describe.

Además, en la Tabla 3, perteneciente a la SIECA 2011 en su página 81 establece los siguientes valores de coeficiente de fracción lateral:

Figura 11. Cálculo de Radio Mínimo y Coeficiente de fricción lateral.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 4% RADIO (m) CALCULADO	Peralte Máximo = 4% RADIO (m) RECOMENDADO	GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 6% RADIO (m) CALCULADO	Peralte Máximo = 6% RADIO (m) RECOMENDADO	GRADO DE CURVATURA (Degree)
20	0.35	8.1	8	143°14'	7.7	8	143°14'
30	0.28	22.1	22	52°05'	20.8	21	54°34'
40	0.23	46.7	47	24°23'	43.4	43	26°39'
50	0.19	85.6	86	13°19'	78.7	79	14°30'
60	0.17	135.0	135	08°29'	123.2	123	09°19'
70	0.15	203.1	203	05°39'	183.7	184	06°14'
80	0.14	280.0	280	04°06'	252.0	252	04°33'
90	0.13	375.2	375	03°03'	335.7	336	03°25'
100	0.12	492.1	492	02°20'	437.4	437	02°37'
110	0.11				560.4	560	02°03'
120	0.09				755.9	756	01°31'
VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 8% RADIO (m) CALCULADO	Peralte Máximo = 8% RADIO (m) RECOMENDADO	GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 10% RADIO (m) CALCULADO	Peralte Máximo = 10% RADIO (m) RECOMENDADO	GRADO DE CURVATURA (Degree)
20	0.35	7.3	7	163°42'	7.0	7	163°42'
30	0.28	19.7	20	57°18'	18.6	19	60°19'
40	0.23	40.6	41	27°57'	38.2	38	30°09'
50	0.19	72.9	73	15°42'	67.9	68	16°51'
60	0.17	113.4	113	10°08'	105.0	105	10°55'
70	0.15	167.8	168	06°49'	154.3	154	07°26'
80	0.14	229.1	229	05°00'	210.0	210	05°27'
90	0.13	303.7	304	03°46'	277.3	277	04°08'
100	0.12	393.7	394	02°55'	357.9	358	03°12'
110	0.11	501.5	501	02°17'	453.7	454	02°31'
120	0.09	667.0	667	01°43'	596.8	597	01°55'

Fuente: Cuadro 3.6 SIECA 2011

Es por ello que para una sobreelevación máxima del 8.00% para la velocidad de 60 KPH y 40 KPH, le corresponderá un parámetro de coeficiente de fricción lateral del 0.17 y 0.23 respectivamente a partir de la metodología antes expuesta, el resultado correspondería a un valor de Radio Mínimo de Curvatura Calculado de 113.4m y 40.60 m respectivamente, es decir equivalente a un Radio Mínimo de Curvatura Redondeado de 113m y 41 m para ambas velocidades antes mencionadas.

4.2.1.4 Vehículo de Proyecto

Se presenta la definición del vehículo de proyecto, incluyendo dimensiones y maniobrabilidad. Este elemento técnico sirve para justificar los anchos de carril y radios de giro establecidos, lo que tiene implicaciones sobre la circulación segura de peatones y ciclistas en zonas urbanas.

El vehículo está considerado conjuntamente con "la vía" y "los usuarios", como uno de los tres elementos fundamentales en el sistema de transporte con que puede contar un país como engranaje esencial para el desarrollo económico y social del mismo, debido a la interrelación que existe entre ambos elementos.

Este elemento corresponde al factor determinante en el proceso de dimensionamiento de las infraestructuras de geométricas que por lo general conforman el Proyecto de la carretera, y que en todo caso dichas infraestructuras corresponden a la Sección Transversal Típica, los elementos de conexión en las intersecciones, pasos a nivel y/o a desnivel, bahías de paradas de Autobuses, y otros de lo cual consideramos que para tal efecto no se cuenta con una propuesta de **"VEHÍCULO DE PROYECTO"**, basado en las siguientes consideraciones.

Las características físicas de los vehículos y las proporciones de éstos en forma y dimensiones diferentes que circulan por las carreteras vienen a convertirse en elementos de control en el diseño de la geometría de la carretera.

A partir de lo antes expuesto, fue necesario un proceso de revisión de diferentes aspectos técnicos relacionados a los tipos de vehículos considerados en la tabla del parque vehicular y su clasificación por categoría de vehículo.

De lo anteriormente expuesto, es de mucha importancia considerar los siguientes aspectos en función de los resultados del estudio de tráfico y de manera específica de los conteos vehiculares.

- Los vehículos livianos tipos Automóvil, camionetas, jeep; son los de mayor presencia en la carretera.
- Los vehículos Livianos a pesados, tales como el camión de dos ejes (C2), buses y otros similares, hacen presencia con porcentajes de cierta consideración; y
- Los vehículos pesados hacen presencia con el menor porcentaje de los vehículos contados.

Para los propósitos del diseño geométrico, se consideró el criterio de la AASHTO 2004, en que se establece que "*cada vehículo de diseño tiene mayores dimensiones físicas y mayores radios de giro mínimos que los de casi todos los vehículos de su clase. Los más grandes de*

todos los varios vehículos de diseño son usualmente acomodados en el diseño de las autopistas".

4.2.1.5 Definición de Vehículo de Proyecto

El proceso de verificación del tipo de vehículo predominante y/o prototipo para establecer como vehículo de proyecto, se realiza en función del criterio que se considera de mayor conveniencia para la carretera. No necesariamente el vehículo de mayor presencia en los conteos corresponde al vehículo prototipo; sino más bien al vehículo más grande que circula en dicha carretera.

Por lo tanto, se define la implementación en este tramo de camino, del tipo de vehículo WB-19 equivalente al T3S3, los cuales conforme al Estudio de Tráfico es uno de los de menor frecuencia, pero debido a sus características geométrica es el que se tomara como vehículo de Diseño.

- Las distancias de recorrido por lo general en esta ruta de proyecto, corresponderán en su mayor parte a recorridos cortos, lo que conlleva la implementación de un vehículo del **tipo BUS (S-BUS-12)**.

Figura 12. Esquema, características y radios de giro generados por el vehículo de proyecto (propuesto) para el tramo de proyecto; Tipo S-BUS-12 que equivale a BUS, AASHTO en sus maniobras de operación vehicular, en giro a 180°.

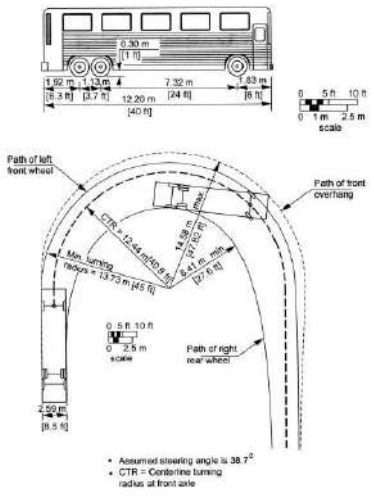


Exhibit 2-5. Minimum Turning Path for Intercity Bus (BUS-12 [BUS-40]) Design Vehicle

Fuente: ASSHTO 2004. pág. 23

4.2.1.6 Resumen de Normas de Diseño Geométrico.

4.2.1.6.1 Resumen General del Proceso de Justificación de Parámetros Técnicos.

De conformidad a lo antes descrito, en esta parte del informe se presenta la consolidación de los elementos y parámetros técnicos que en acápites anteriores han sido descritos y definidos, con su respectiva justificación en su implementación para la conformación de lo que una vez, sometido a consideración y aprobación de la instancia de supervisión del Proyecto, será lo que se denomina como las **NORMAS DE DISEÑO VIAL** del proyecto, y que corresponde al contenido de las tablas que abajo se anexan, correspondientes a los parámetros de Normas de Diseño a implementar en el proyecto La Paz – San Pedro- Niquinohomo **para velocidad de diseño de 60 KPH y 40 KPH.**

Tabla 44. Propuesta técnica de normas de diseño geométrico a implementar una velocidad de diseño de 60 kph.

ITEM	DESCRIPCIÓN / PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES
1	Clasificación Funcional.	**Colector Menor Rural (Colectora Secundaria)**		
2	Ancho del Derecho de Vía Propuesto.	ADVP	mt.	20
3	Velocidad de Diseño	V_D	KPH	60
4	Velocidad de Ruedo.	V_R	KPH	55
5	Vehículo de Proyecto.	Veh_P.	AASHTO	S-BUS-12 (AASHTO-2004)
6	Radio de Curvatura Mínimo.	R_m	mt.	113
7	Grado de Curvatura Máximo.	G_C	G. Min. Seg.	10°08’
8	Número de Carriles de Rodamiento.	Nc	Unid.	2
9	Ancho Carril de Rodamiento Rural	ACrod	mt.	3.3
	Ancho Carril de Rodamiento Urbano	ACrod	mt.	3.3
	Ancho de Hombros zona Rural	Ahombro	mt.	0.6
	Ancho de Hombros zona Urbana	Ahombro		0.6
10	Ancho Total de Rodamiento Rural	AT_{rod}	mt.	7.8
	Ancho Total de Rodamiento Urbano	AT_{rod}	mt.	7.8
11	Pendiente Transversal Carril Rodam.(Bombeo)	B	%	2
12	Pendiente del Hombro.	PHm%	%	2
13	Sobreelevación Máxima (Peralte).	e_{max}.	%	8
14	Pendiente Relativa.	m_r	%	0.6
15	Pendiente Longitudinal Máxima.	Pend%	%	12.00%
16	Pendiente Longitudinal Mínima.	Pend%	%	0.50 - 0.30% (1*)

17	Distancia entre P frontal y eje trasero (L)	L_{ee}	mt.	10.28
18	Distancia a Obstrucciones laterales.	Offs.	mt.	1.2
19	Sobreancho Mínimo en Curvas Horizontal.	SA_{min}	mt.	0.6
20	Coeficiente de Fricción Lateral.	f_l	S/U	0.17
21	Longitud Mínima de Curva Vertical.	CV_{min}	mt.	20
22	Distancia de Visibilidad de Parada (min)	DVP	mt.	85.00 (2*)
23	Distancia de Visibilidad de Rebase.	DVR	mt.	410.00 (2*)
24	Distancia de Visibilidad Curva Horizontal.	DVCH	mt.	(3*)
25	Superficie-carpeta de Rodamiento.	S_{rod}.	Tipo.	Concreto Hidráulico
26	Carga de Diseño.	C_d	AASHTO	HL93
27	Talud de Relleno	Tr	Tipo	H<0.60:4:1 0.60<H<1.20 3:1 1.20<H<2.00: 2:1 H>2 1.5:1
28	Talud de Corte	Tc	Tipo	01:01
31	Tráfico de Diseño.	TPDA	vpd	-
32	Ancho de Andenes.	A1	mt.	1
33	Espesor de Andenes de Concreto f'_c = 210 Kg/cm^2.	**E_a**	mt.	0.08
34	Cálculo de Peralte o Sobreelevación.	**$Calc_P$**	Método.	M-V-AASHTO
35	El proceso de Transición en las Curvas Horizontales,	**$PROC_{TRANS}$**	Método 1-2	Método 1 y 2.
36	Valor de “k” para el control del diseño de curvas vertical en cresta.	**K**	S/U	11
37	Valor de “k” para el control del diseño de curvas vertical en columpio.	**K**	S/U	18

PARAMETROS TÉCNICOS GEOMÉTRICOS PARA EL ACCESO TIPICOS A VIAS SECUNDARIAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	SIMBOL	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES
4	Radio de curva mínimo del borde interior en curvas de acceso típicos en enlaces con vías secundarias.	**$RCM_{C/EVS}$**	Mt.	8
5	Distancia p/determinar límite de long de accesos típicos a partir de la lc vía principal.	**$DL_{AC/TIP}$**	Mt.	15

1* Se podrá usar pendientes menores al 0.5% hasta 0.00 siempre y cuando correspondan a situaciones solamente en terraplén.

2* Corresponde a situaciones en que la vía se encuentra en terreno plano enmarcado en pendientes longitudinales de 0 a 2%

3* Será determinada para cada curva Horizontal proyectada en función de las características de la parte transversal de la curva.

Tabla 45. Propuesta Técnica de Normas de Diseño Geométrico a Implementar una Velocidad de Diseño de 40 Kph.

ITEM	DESCRIPCIÓN / PARAMETRO.	SIMBOL	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES.
1	Clasificación Funcional.	**Colector Menor Rural (Colectora Secundaria)**		
2	Ancho del Derecho de Vía Propuesto.	ADVP	mt.	20
3	Velocidad de Diseño	V_D	KPH	40
4	Velocidad de Ruedo.	V_R	KPH	40
5	Vehículo de Proyecto.	Veh_P.	AASHTO	S-BUS-12 (AASHTO-2004)
6	Radio de Curvatura Mínimo.	R_m	mt.	41
7	Grado de Curvatura Máximo.	G_C	G. Min. Seg.	27°57’
8	Número de Carriles de Rodamiento.	Nc	Unid.	2
9	Ancho Carril de Rodamiento Rural	ACrod	mt.	3.3
	Ancho Carril de Rodamiento Urbano	ACrod	mt.	3.3
	Ancho de Hombros zona Rural	Ahombro	mt.	0.6
	Ancho de Hombros zona Urbana	Ahombro		0.6
10	Ancho Total de Rodamiento Rural	AT_{rod}	mt.	7.8
	Ancho Total de Rodamiento Urbano	AT_{rod}	mt.	7.8
11	Pendiente Transversal Carril Rodam.(Bombeo)	B	%	2
12	Pendiente del Hombro.	PHm%	%	2
13	Sobreelevación Máxima (Peralte).	e_{max}.	%	8
14	Pendiente Relativa.	m_r	%	0.7
15	Pendiente Longitudinal Máxima.	Pend%	%	12.00%
16	Pendiente Longitudinal Minima.	Pend%	%	0.50 - 0.30% (1*)
17	Distancia entre P frontal y eje trasero (L)	L_{ee}	mt.	10.28
18	Distancia a Obstrucciones laterales.	Offs.	mt.	1.2
19	Sobreancho Mínimo en Curvas Horizontal.	SA_{min}	mt.	0.6
20	Coeficiente de Fricción Lateral.	f_l	S/U	0.23
21	Longitud Mínima de Curva Vertical.	CV_{min}	mt.	20
22	Distancia de Visibilidad de Parada (min)	DVP	mt.	50.00 (2*)
23	Distancia de Visibilidad de Rebase.	DVR	mt.	270.00 (2*)
24	Distancia de Visibilidad Curva Horizontal.	DVCH	mt.	(3*)
25	Superficie-carpeta de Rodamiento.	S_{rod}.	Tipo.	Concreto Hidráulico
26	Carga de Diseño.	C_d	AASHTO	HL93
27	Talud de Relleno	Tr	Tipo	H<0.60:4:1
				0.60<H<1.20 3:1

				1.20<H<2.00:2:1 H>2 1.5:1
28	Talud de Corte	Tc	Tipo	01:01
31	Tráfico de Diseño.	TPDA	vpd	-
32	Ancho de Andenes.	A1	mt.	1
33	Espesor de Andenes de Concreto $f'_c = 210$ Kg/cm^2.	**E.**	mt.	0.08
34	Cálculo de Peralte o Sobreelevación.	**Calcp**	Método.	M-V- AASHTO
35	El proceso de Transición en las Curvas Horizontales,	**PROC$_{TRANS}$**	Método 1-2	Método 1 y 2.
36	Valor de "k" para el control del diseño de curvas vertical en cresta.	**K**	S/U	4
37	Valor de "k" para el control del diseño de curvas vertical en columpio.	**K**	S/U	9

PARAMETROS TÉCNICOS GEOMÉTRICOS PARA EL ACCESO TIPICOS A VIAS SECUNDARIAS.

ITEM	DESCRIPCIÓN / PARAMETRO.	SIMBOL	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES
4	Radio De Curva Mínimo Del Borde Interior En Curvas De Acceso Típicos En Enlaces Con Vías Secundarias.	**RCM$_{C/EVS}$**	Mt.	8
5	Distancia P/Determinar Limite De Long De Accesos Típicos A Partir De La Lc Vía Principal.	**DL$_{AC/TIP}$**	Mt.	15

1* Se podrá usar pendientes menores al 0.5% hasta 0.00 siempre y cuando correspondan a situaciones solamente en terraplén.

2* Corresponde a situaciones en que la via se encuentra en terreno plano enmarcado en pendientes longitudinales de 0 a 2%

3* Será determinada para cada curva Horizontal proyectada en función de las características de la parte transversal de la curva

4.2.1.7 Sección típica de Diseño Mejorada

Se proponen 2 secciones típicas, una para el sector urbano y otra para el sector rural, esto debido a la configuración del terreno y necesidades que se adecuan a la población que habita en el proyecto. La sección del sector rural posee las siguientes características:

- Dos (2) carriles de rodamiento de 3.3m de ancho, constituidos a base de una estructura de pavimento de Pavimento Hidráulico.
- Cunetas tipo v de 1.641m.
- Un hombro de 0.60m.
- Para un ancho total de sección de 11.082m.

La sección del sector urbano está conformada con las siguientes características geométricas:

- Dos (2) carriles de rodamiento de 3.3m de ancho, constituidos a base de una estructura de pavimento Hidráulico
- Cunetas tipo caite de 0.60m
- Un hombro de 0.60m
- Andenes peatonales de 1.00 a ambos lados de la vía para ser implementado en los sectores clasificados como del tipo Urbanos.
- Para un ancho total de sección de 11.00 m.

Elementos complementarios y de conformidad a lo que se muestra en la sección transversal típica propuestas, que corresponden a las secciones típicas de construcción del tipo Rural y del tipo Urbano respectivamente.

Figura 13. Sección Transversal Típica Rural.

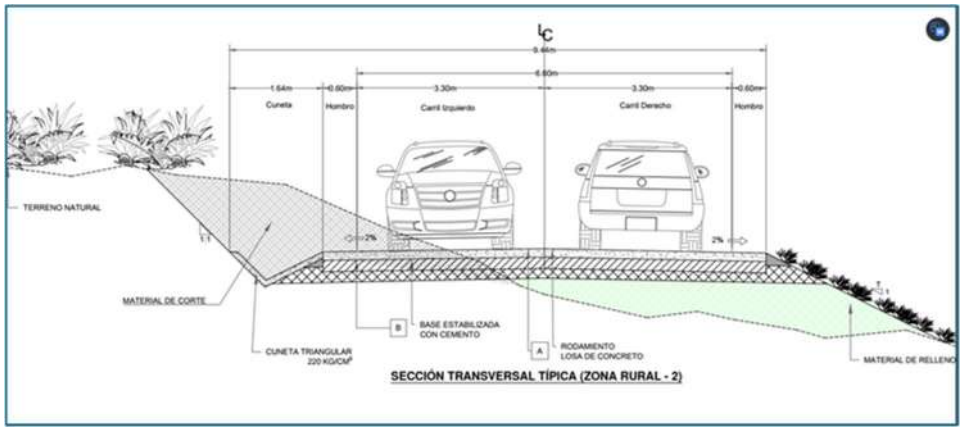
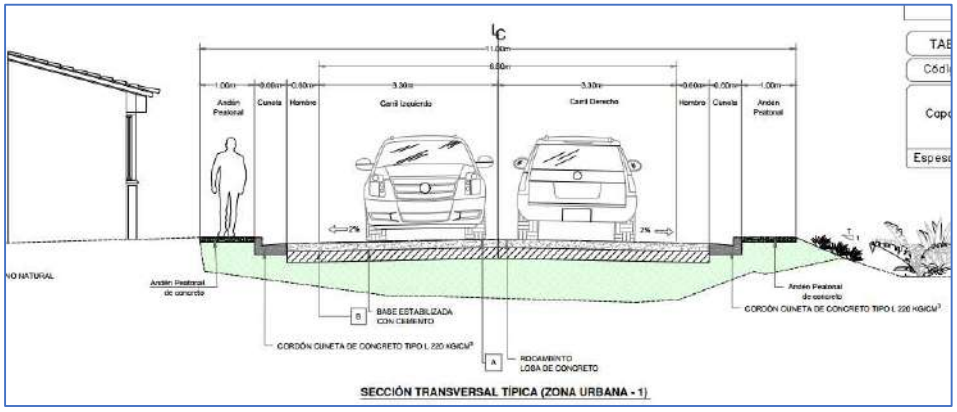


Figura 14. Sección Transversal Típica Urbana



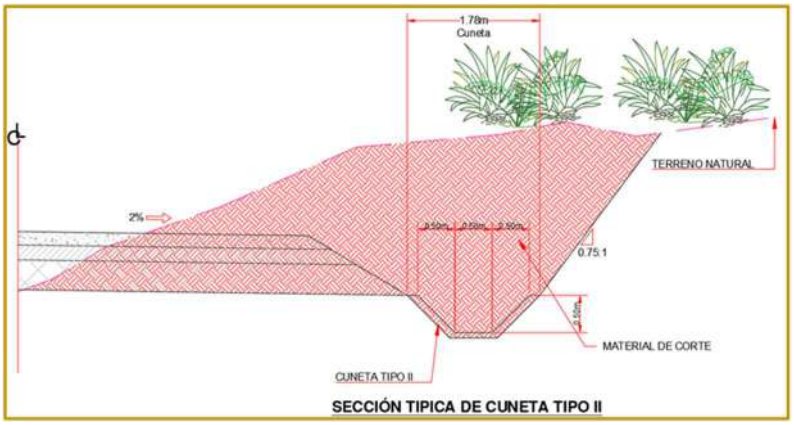
Así mismo se definió también el uso de una sección de canal trapezoidal conforme a los estudios Hidráulicos con los siguientes dimensionamientos, a como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 15. Listado de Cunetas

LISTADO DE CUNETAS LA PAZ CARAZO NIQUINOHMO					
LADO IZQUIERDO					
DE ESTACION	A ESTACION	Longitud (m)	Tipo	Sentido	Punto de Descarga
0+852.88	1+160.00	307.13	II	Atrás	ED-08
1+780.00	1+847.03	67.03	II	Adelante	ED-10
1+847.03	1+950.00	102.97	II	Atrás	ED-10
2+380.00	2+432.57	52.57	II	Adelante	ED-11
4+370.00	4+417.09	47.09	II	Adelante	ED-19
5+890.00	5+950.00	60.00	II	Adelante	Lateralmente
6+520.00	6+570.00	50.00	II	Atrás	Lateralmente
6+930.00	7+000.00	70.00	II	Atrás	Lateralmente
7+308.53	7+440.00	131.47	II	Atrás	ED-30
8+230.00	8+460.00	230.00	II	Atrás	Lateralmente

LISTADO DE CUNETAS LA PAZ CARAZO NIQUINOHMO					
LADO DERECHO					
DE ESTACION	A ESTACION	Longitud (m)	Tipo	Sentido	Punto de Descarga
0+852.88	1+160.00	307.13	II	Atrás	ED-08
1+847.03	1+920.00	72.97	II	Atrás	ED-10
4+351.78	4+417.09	65.31	II	Adelante	ED-19
5+890.00	5+950.00	60.00	II	Adelante	Lateralmente
6+808.82	7+000.00	191.18	II	Atrás	ED-29
8+010.00	8+200.00	190.00	II	Atrás	Lateralmente

Figura 16. Sección Típica de Cuneta Tipo II



4.2.1.8 Diseño Planimétrico del Proyecto

4.2.1.8.1 Consideraciones Técnicas del Diseño

El diseño y proyección del aspecto Planimétrico de este tramo de Proyecto fue realizado a partir de que se contó con los siguientes elementos y aspectos técnicos:

a) Realización de Visita Técnica de Inspección, reconocimiento de campo con el

objetivo de tener una visión amplia de la trayectoria y ruta del tramo de camino, así como conocer las características de la configuración topográfica del terreno y el medio ambiente del entorno al Proyecto.

b) Planos Topográficos de la trayectoria planimétrica del tramo de camino, conteniendo la información base proveniente de campo, específicamente del levantamiento topográfico, cuya información se procesó para la conformación de la base de datos a través de la cual se obtuvo el plano topográfico en archivo digital conteniendo la siguiente información de campo;

- La trayectoria de la ruta del Proyecto y sus características.
- El Trazo del eje existente que corresponde al camino actual como referencia de ruta a seguir, demarcado por puntos al centro y puntos que demarcan la orilla de la vía actual, así como los puntos correspondientes a la franja del corredor del Proyecto.
- Curvas de nivel a intervalos de 0.50 m mostrando la configuración topográfica del terreno tal a como existe en la actualidad.
- Sitios de cruce de drenaje mayor y menor.
- Detalles de la infraestructura existente en toda la trayectoria del Proyecto, sobresaliendo principalmente lo correspondiente a las cercas de alambre de púas como delimitación del derecho de vía existente.

4.2.1.8.2 El Diseño y Proyección del Trazo Planimétrico.

Con la información anteriormente descrita correspondiente al plano topográfico de la planimetría del proyecto, y contando con los parámetros geométricos de las Normas de Diseño previamente establecidas y propuestas para su respectiva aprobación, se procedió a la realización del trazo Planimétrico, en el cual se aplicaron las siguientes consideraciones y criterios técnicos.

- Magnitud del valor de Radio Mínimo de curvatura a ser aplicado como el menor valor de Radio de curva en los respectivos sitios de curva horizontal.
- Se realizó un trazo Planimétrico uniforme y lo más rectilíneo posible, ajustado y enmarcado en la trayectoria existente del camino, correspondiente a la ruta de camino actual.

- En los sectores considerados como del tipo urbanos, se procuró en todo lo posible, apegarse de manera rigurosa al eje existente, tratando de que con dicho trazo se generen afectaciones a las infraestructuras de viviendas y otros.
- En cada situación en que se estableció curva horizontal, se procuró establecer y aplicar el mayor valor posible de Radio de curvatura, teniendo en cuenta que el valor de Radio de Curvatura aplicado en cada sitio de curva, generara una trayectoria de curva horizontal, que se ajustara en todo lo posible a la trayectoria del eje de la curva existente de tal forma que el menor valor de Radio de Curva que se aplicó corresponde al valor del radio mínimo de curvatura en los respectivos sectores clasificados como del tipo Urbano y/o Rural, equivalente al valor de 113 y 41 m respectivamente.

Conforme a lo antes descrito, se definió el uso de 2 tipos de velocidades de 60 KPH y 40 KPH, para sectores Urbano y Rural respectivamente. Dicho tramo se dividió en 2 zonas, Los primeros 6KPH (Tramo I) se definieron en un sector virgen, por donde el cual no hay camino existente, este inicia en el KM 51.14, diseñando al inicio una rotonda sobre la panamericana, luego atravesando los sectores del Rosario, San José de Masatepe y terminando en la comunidad de las Crucitas. El Tramo II inició en la comunidad de las Crucitas y terminando en el casco urbano de Niquinohomo, con una intersección. El Tramo nos dio como resultado de 31 curvas horizontales. Dentro de este tramo se definieron cambios de líneas para mejoramiento del trazado, así como también cambio de línea en el poblado de la curva de Niquinohomo. Cabe mencionar que todo el tramo se conformó por 1 Rotonda y 8 intersecciones.

4.2.2 Estudio de Tráfico

4.2.2.1 Alcances e Importancia del Proyecto

En el Plan Nacional de Transporte (PNT) elaborado por la Cooperación Japonesa JICA para el MTI está en el MPMP 2021-2024 (Marco Presupuestario del Mediano Plazo 2021-2024) se encuentra el tramo de carretera La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo clasificado a través de una Matriz Multicriterio y su importancia radica en la conectividad que se logra entre los departamentos de Carazo y Masaya, a través de los municipios de La Paz Carazo y Niquinohomo, estas zonas tienen concentración de espacios comerciales y agrícolas.

Además, este proyecto se enmarca en el Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza para el Desarrollo Humano 2022-2026 (PNCPDH), cuyo contenido Económico Social tiene como principio la erradicación de la pobreza elevando los niveles de salud, educación de la población y la generación de empleo a la población. La meta es impulsar proyectos de desarrollo vinculados al sector productivo y que involucren a sectores históricamente marginados, dinamizar la economía, mantener la estabilidad para atraer la inversión extranjera y con ello elevar los niveles de exportación y promoción de las inversiones en el país, todo con el objetivo de mejorar los índices de desarrollo humano.

Por tales razones se impulsa el desarrollo del estudio de dicho proyecto, ya que será un factor coadyuvante al desarrollo productivo de la zona, donde los productores teniendo mejores condiciones de acceso pueden verse motivados a ampliar y dinamizar su actividad comercial y ganadera ya que sus costos de operación vehicular y de transportación disminuirán indudablemente, menor tiempo de transportación de sus productos.

4.2.2.2 Levantamiento de la Vía y sus Características

Del levantamiento de las características del proyecto se tiene que el camino está clasificado como Camino Vecinal perteneciente a la Red Vial No Básica NN-196, la cual está comprendida entre la red vial de la NIC 18A y la NIC-2.

De la longitud total del proyecto, únicamente se tiene registros discontinuos de los primeros 5.2 km que corresponden desde La Paz Carazo hasta San Pedro, siendo los registros de los años 2004, 2008 y 2015, en la Estación ECS 2010. El resto del Proyecto que corresponde a los 10.8 km, no cuenta con registros históricos de conteos de tráfico por parte del Ministerio de trasporte e Infraestructura (MTI), según fuente dada por la institución.

El tipo de terreno que predomina es del tipo montañoso con pendientes que oscila entre 20-30 %, la sección de rodamiento del camino en general está de regular a mal estado, por la ausencia del mantenimiento, comprende una sección de rodamiento promedio de 4.0 metros, con un ancho de derecho de vía de 11.50 -20 m, en parte del camino se encuentran sitios adoquinados puntuales y el resto revestido en mal estado, observándose pegaderos y asentamientos, producto principalmente de la falta de drenaje transversal y longitudinal.

En el trayecto del camino existente es evidente la carencia del drenaje menor transversal, se contabilizaron apenas 5 alcantarillas de PVC y TCR de diversos diámetros 12”, 18”, 30”, 36” y 60”, las cuales están dañadas y aterradas. También se tiene ausencia de drenaje longitudinal a lo largo del camino, todo esto contribuye aún más al deterioro en la superficie de rodamiento. Drenaje mayor se contabiliza dos estructuras un Puente San Pedro y una caja.

Las principales actividades económicas son la agricultura, artesanía, y ganadería. Entre los principales cultivos que se producen son los granos de básicos como café, cítricos y se destacan las plantas ornamentales y florares. En el sector artesanal se encuentra las ramas de madera, muebles cuero, alfarería, y torno. En el sector pecuario se produce para consumo local y en menor escala comercialización con otras zonas.

4.2.2.3 Metodología de los Estudios de Tráfico

Se efectuaron las siguientes actividades antes de iniciar con las actividades de campo:

a) Organización y logística del trabajo de campo.
b) Diseñar/Elaborar instrumentos para el levantamiento de datos y procedimientos de campo y de gabinete para uso de los grupos de trabajo: Formatos de campo, Bases de Datos.
c) Obtener información documental en el MTI.
d) Efectuar las gestiones para apoyo policial en la realización de las encuestas O y D.
e) Capacitación Técnica efectuada al Personal de la realización de las actividades de campo.

Para efectuar cálculo del TPDA se realizaron cinco (5) puntos de control en todos se efectúo conteos vehiculares para cuantificar el volumen y la tipología vehicular que se transita en el camino y circundante al proyecto; y en dos estaciones Est. 3 y 5 se efectuaron encuestas de origen y destino para cuantificar el volumen, así como los deseos de viaje del flujo vehicular que transita por la carretera NIC-18A y NIC-2- NN-196, para que, en conjunto con los resultados de las encuestas O/D se determine el potencial tráfico que se puede desviar hacia el tramo en estudio una vez mejorado el mismo. La ubicación de los puntos de aforo, encuesta origen y destino se muestra en el mapa de ubicación de puntos de aforos, en la página siguiente:

1. NIC-2(Jinotepe -Nandaime) / Empalme Hacia San Pedro (PK 55+040 La Preciosa).
2. NN-196 La Paz Carazo/Est. 0+000 salida del casco urbano
3. NN-196 Hermita Nuestro Señor de Esquipulas
4. NN-196 Empalme Los Huérfanos
5. NIC-18A. Niquinohomo.

Previo a dar inicio a las actividades de campo, se realizó el día 07 de agosto a las 8 am una capacitación teórica practica con el personal de conteos y encuestas OD, con el objetivo de verificar que el personal esta familiarizados con el uso y manejo de los formatos, en cuanto a la tipología vehicular y dirección de los flujos.

Figura 17. Mapa de ubicación de Puntos de Aforo/Encuestas OD

4.2.2.4 Justificación de los puntos de conteo y encuestas.

- **Punto de Conteo 1:** Empalme Hacia San Pedro (PK 55+040 La Preciosa)

Desde su inicio en el Empalme hacia San Pedro y que vienen de Santa Teresa, Las Cruces, el Rempujón y comunidades de Carazo y Granada, que transita en este tramo que forma parte del corredor actual para los usuarios potenciales del proyecto. Se analizó considerando la posible circunvalación a realizarse en el proyecto partiendo desde este Empalme hacia San Padre sin pasar por el Casco Urbano de La Paz Carazo.

- **Punto de Conteo 2:** Salida del Casco Urbano de La Paz Carazo - Estación 0+000

Se definió este sitio para la cuantificación del tráfico normal que transita en el proyecto que sale desde el casco urbano de La Paz Carazo y que tiene como OD La Paz Carazo hacia Niquinohomo.

- **Punto de Conteo y Encuesta 3:** Emp. Hermita Nuestro Señor de Esquipulas.

Se definió un punto de control en este empalme ya que es un punto de conexión con la NIC -2 Jinotepe – Nandaime y a otros caminos que conectan a comunidades de Diriomo, Guanacaste, Empalme Grajinan tales como Playas Verdes, San Diego, San Antonio, El Encanto, El coyolar a lo cual se cuantifico el tráfico y se realizó encuestas ODT.

- **Punto de Conteo 4:** Emp. Los Huérfanos

Se efectuó los conteos para la cuantificación del tráfico que circula en el camino desde las comunidades San José de Masatepe, Las Crucitas, Comarca El Arroyo, San Antonio, Zona 2 hacia Niquinohomo. Cabe señalar que también se realizó por ser una intersección de consideración en el camino en estudio.

- **Punto de Conteo y Encuesta 5:** Niquinohomo

Se efectuarán conteos y encuestas OD sobre la NIC-18A Masatepe - Catarina cerca del lugar conocido como Campestre Bonanza, con lo cual se cuantificará y caracterizarán los usuarios que se movilizan desde Managua, Masatepe, Masaya, hacia La Paz Carazo, Jinotepe, Nandaime etc.

El procedimiento para el cálculo del TPDA se basa en la aplicación de factores de expansión que son dados por el MTI en el Anuario de Tráfico, en donde a cada tramo de carretera/camino se le asigna dependencia a una determinada Estación de Mayor Cobertura (EMC), de la cual se retoman dichos factores de expansión, en dependencia del cuatrimestre en donde se hayan efectuado los conteos vehiculares.

4.2.2.5 Resultados del Estudio del Tráfico

Estación No.1. NIC-2 (Jinotepe-Nandaime) /Empalme hacia San Pedro (PK 55+040 La Preciosa).

- Movimiento 1. Nandaime-Jinotepe.
- Movimiento 2. Jinotepe – Nandaime.
- Movimiento 3. Nandaime- San Pedro.

- Movimiento 4. San Pedro – Nandaime.
- Movimiento 5. Nandaime – San Jose de la Gracia.
- Movimiento 6. San Jose de la Gracia – Nandaime.
- Movimiento 7. Jinotepe – San Pedro.
- Movimiento 8. San Pedro – Jinotepe.
- Movimiento 9. Jinotepe – San Jose de la Gracia.
- Movimiento 10. San Jose de la Gracia – Jinotepe.

Tabla 46. Estación No. 1. NIC-2

TRAMO /AMBOS SENTIDOS	TPDA (VPD)
Nandaime – Jinotepe	2,709
Nandaime – San Jose de la Gracia	402
Jinotepe – San Pedro	245
Jinotepe – San Jose de la Gracia	375

Estación No. 2. NN-196 La Paz Carazo/Est. 0+000 salida del casco urbano

- Movimiento 1. La Paz Carazo – San Pedro.
- Movimiento 2. San Pedro – La Paz Carazo.

Tabla 47. Estación No. 2 NN-196

TRAMO /AMBOS SENTIDOS	TPDA (VPD)
La Paz Carazo – San Pedro	1,840

Estación No. 3. NN-196 Hermita Nuestro Señor de Esquipulas

- Movimiento 1. La Paz Carazo – San Pedro.
- Movimiento 2. San Pedro – La Paz Carazo.
- Movimiento 3. La Paz Carazo - La Preciosa (Nic-2 Pk55+040).
- Movimiento 4. La Preciosa (Nic-2 Pk55+040)- La Paz Carazo.
- Movimiento 5. San Pedro- La Preciosa (Nic-2 Pk55+040).
- Movimiento 6. La Preciosa (Nic-2 Pk55+040)- San Pedro.

Tabla 48. Estación No. 3. NN-196

TRAMO /AMBOS SENTIDOS	TPDA (VPD)
La Paz Carazo – San Pedro	584

Estación No. 4. NN-196 Empalme Los Huérfanos

- Movimiento 1. Niquinohomo - San Pedro.
- Movimiento 2. San Pedro - Niquinohomo.
- Movimiento 3. El Arroyo - San Pedro.
- Movimiento 4. San Pedro - El Arroyo.
- Movimiento 5. El Arroyo - Niquinohomo.
- Movimiento 6. Niquinohomo - El Arroyo.

Tabla 49. Estación No. 4. NN-196

TRAMO /AMBOS SENTIDOS	TPDA (VPD)
Niquinohomo – San Pedro	325
El Arroyo – Niquinohomo	13

Estación No. 5. NIC-18A. Niquinohomo

- Movimiento 1. Masatepe – Niquinohomo.
- Movimiento 2. Niquinohomo – Catarina.
- Movimiento 3. Catarina – Niquinohomo.
- Movimiento 4. Masatepe – Catarina.
- Movimiento 5. Catarina – Masatepe.

Tabla 50. Estación No. 5. NIC-18A

TRAMO /AMBOS SENTIDOS	TPDA (VPD)
Masatepe–Catarina	11,836

4.2.2.6 Distribución Direccional del Tráfico

A continuación, se presenta la distribución direccional por sentido de circulación en cada subtramo del proyecto. Dicha distribución la conforma el total de vehículos que circularon por el punto de control durante las 12 horas y los 7 días de conteo.

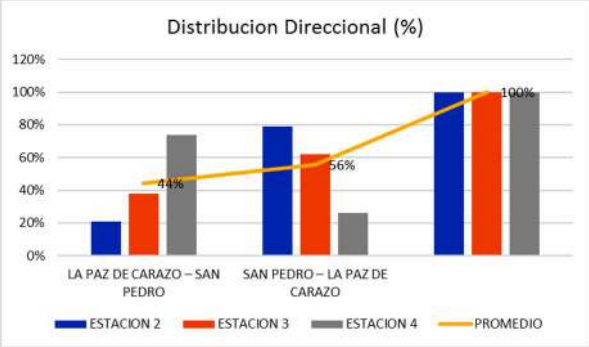
La distribución direccional del tráfico para el proyecto es de 44 % en el sentido 1 y 56% en el sentido 2, esta se obtiene del promedio de las estaciones que están dentro del tramo en estudio.

4.2.2.7 Distribución Total del Tramo La Paz Carazo – San Pedro - Niquinohomo

Tabla 51. Distribución Direccional

DD %	EST. 2	EST. 3	EST. 4	PROMEDIO
La Paz Carazo – San Pedro	21%	38%	74%	44%
San Pedro – La Paz Carazo	79%	62%	26%	56%
	100%	**100%**	**100%**	**100%**

Figura 18. Distribución Direccional



4.2.2.8 Distribución Direccional cada Estación

Tabla 52. Distribución Direccional por Estación

ESTACION	SENTIDO	T% DD
	Nandaime – Jinotepe	56/44
	Nandaime – San Jose De La Gracia	45/55
1	Jinotepe – San Pedro	Un solo sentido
	Jinotepe – San Jose De La Gracia	35/65
2	La Paz Carazo – San Pedro	21/79
3	La Paz Carazo – San Pedro	38/62
	Niquinohomo – San Pedro	74/26
4	El Arroyo - Niquinohomo	62/38
5	Masatepe - Catarina	58/42

4.2.2.9 Proyecciones de Tráfico

Se hará un análisis de los flujos de tráfico que serán producidos al entrar en operación la carretera y durante su vida útil, bajo la perspectiva de un crecimiento basado en las proyecciones de desarrollo del área de influencia directa, del país y del crecimiento internacional. Para efectos de este estudio, las proyecciones de tráfico se efectúan a través de la definición de las hipótesis que a continuación se describen:

- Se establecerán las contribuciones de los diferentes tráficos que se definirán en el análisis a realizar y apoyados por el estudio económico del proyecto. Para el año de inicio de operación de la carretera se considera potencialmente que manifestarán los siguientes tipos de tráficos, esto son tráfico normal, el tráfico desarrollado (por turismo, inversiones productivas, etc.), tráfico generado y el tráfico atraído (en base a las encuestas OD).
- Sobre el análisis de variables socioeconómicas relevantes se determinarán tasas de crecimiento del TPDA por tipología vehicular.
- Se cuantificarán los volúmenes de tráfico de las rutas actuales, y se cuantificará, con base en los resultados de las encuestas OD, la cantidad de usuarios que utilizarían el proyecto. Se proyectarán en base a las tasas de crecimiento que se definen en este estudio.
- Los volúmenes proyectados serán presentados cronológicamente año a año, a fin de presentar el crecimiento del tráfico a lo largo de su vida útil.

4.2.2.10 Estimación de las Tasas de Crecimiento del Tráfico Normal

Para la estimación de las tasas de crecimiento del tráfico normal se ha considerado el análisis del comportamiento de una serie de variables socioeconómicas de importancia, entre ellas el crecimiento económico nacional (PIB), crecimiento vehicular y de las EMC asociadas. Asimismo, se analizó el crecimiento poblacional y el parque vehicular a nivel de los departamentos que abarca el proyecto siendo estos Masaya y Carazo.

4.2.2.11 Proyección del Tráfico Normal

Para el cálculo del TPDA año base del proyecto en estudio se tomaron en cuenta el promedio de las sumas de los movimientos 1 y 2 de las estaciones de conteos de tráfico dentro del tramo en estudio; siendo estas las estaciones No. 2, 3 y 4 del levantamiento.

a. Estación No. 2. NN-196 La Paz Carazo/Est. 0+000 salida del casco urbano.

- Movimiento 1. La Paz Carazo – San Pedro.
- Movimiento 2. San Pedro – La Paz Carazo.

b. Estación No. 3. NN-196 Hermita Nuestro Señor de Esquipulas

- Movimiento 1. La Paz Carazo – San Pedro.
- Movimiento 2. San Pedro – La Paz Carazo.

c. Estación No. 4. NN-196 Empalme Los Huérfanos

- Movimiento 1. Niquinohomo-San Pedro.
- Movimiento 2. San Pedro-Niquinohomo.

Para la definición de las tasas de crecimiento para las proyecciones del tráfico se han tomado en cuenta en los análisis variables que tienen correspondencia y validez para el proyecto tales como el PIB, POB, Parque vehicular, y el TPDA histórico de cada tramo. A continuación, se presenta el análisis de dichas variables:

4.2.2.11.1 PIB Nacional

La primera variable a considerar es el Producto Interno Bruto (histórico), ya que es una medida del valor de la actividad económica del país, que incluye la producción, ingresos por turismo, comercialización de bienes y servicios permitiéndonos tener una idea clara y palpable del crecimiento de la economía del País.

4.2.2.11.1.1 Comportamiento histórico del PIB de Nicaragua.

Figura 19. Comportamiento histórico del PIB de Nicaragua.

PIB (precios constantes)

Año	% de crecimiento
2022	3.8%
2021	10.30%
2020	-1.80%
2019	-2.90%
2018	-3.40%
2017	4.60%
2016	4.60%
2015	4.8%
2014	4.8%
2013	4.92%
2012	6.49%
2011	6.31%
2010	4.41%
2009	-3.29%
2008	3.43%
2007	5.07%
2006	3.80%
Promedio	**3.29%**

Fuente: www.bcn.gob.ni

Determinando una tasa de crecimiento histórica promedio de 3.29%, incluyendo los datos publicados por el BCN del año 2021 y 2022. Sin embargo, a partir del año 2018 se ha

presentado una coyuntura socioeconómica en el país que no permite prever un crecimiento económico similar al que ha venido experimentando el país. Las proyecciones económicas en cierto grado son más inciertas.

En este contexto, el Gobierno de Nicaragua ha publicado el marco de perspectiva del Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026, en donde se incluye el impacto de la situación socioeconómica actual. Los supuestos económicos oficiales para el país son los siguientes:

Tabla 53. Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano

Año	PNCL-DH
2023	3.50%
2024	3.80%
2025	4.00%

Fuente: PNCL – DH 2022-2026

En este mismo sentido, el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM) realizó una actualización de las proyecciones del PIB en abril 2023, en el cual señala que para el periodo 2023-2025 se prevé alcanzar las siguientes tasas de crecimiento. Los datos se presentan a continuación:

Porcentaje de crecimiento del PIB para Nicaragua

Figura 20. Porcentaje de Crecimiento del PIB para Nicaragua.

Año	FMI	BM
2023	2.50%	2.50%
2024	3.25%	3.37%
2025		3.49%

Fuente: Informe Anual BCN 2022

Tomando en cuenta todas estas proyecciones de crecimiento del PIB, en las cuales se ha incorporado el análisis respectivo de la coyuntura actual del país se proyectará el PIB durante el periodo de operación del proyecto, tomando como premisa un crecimiento atípico a corto plazo y un retorno paulatino cercano al crecimiento histórico.

Tabla 54. Tasas de crecimiento proyectadas.

Tasas de crecimiento proyectadas					
Año	**PNCL-DH**	**FMI**	**BM**	**PROMEDIO**	**Tasas promedio**
2023	3.50%	2.50%	2.50%	2.83%	3.61%
2024	3.80%	3.25%	3.37%	3.47%	
2025	4.00%		3.49%	3.75%	
2026	4.00%			4.00%	
2027	4.00%			4.00%	
2028	4.00%			4.00%	4.00%
2029	4.00%			4.00%	
2030--2047	4.00%			4.00%	

Período	2024-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042	2043-2047
Crecimiento previsto	3.61%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%

A lo cual se propone una tasa promedio, desde el periodo del 2023 – 2027 del 3.61% y del año de inicio de operación de la carretera se prevé un crecimiento constante con una tasa del 4%, para completar el horizonte de planeamiento del periodo útil del proyecto.

4.2.2.11.2 Población Nacional

Otra variable de importancia es el crecimiento demográfico poblacional, esto incide principalmente en los volúmenes de vehículos de pasajeros. En Nicaragua hay registros históricos del crecimiento poblacional a nivel nacional y a nivel de municipios.

La población de Nicaragua ha experimentado un crecimiento medio del 1.72% desde el año 1990 al 2020, el cual se está considerado en el periodo del 2024-2047, según datos de proyecciones dado por el INIDE.

Figura 21. Población Nacional Nicaragua periodo 1990 – 2020.

NICARAGUA		
Período	Población	Crecimiento
1990	3,959,785	1.72%
2020	6,595,674	

Fuente:https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario19/Anuario_2019.pdf

4.2.2.11.3 Parque Vehicular Nacional

Otra variable a analizar es el comportamiento del parque vehicular que harán uso del proyecto. El crecimiento de la flota vehicular deriva en mayor generación de viajes. Se utiliza

el parque vehicular de los departamentos de Masaya y Carazo por la localización y el área de influencia del proyecto en estudio.

A continuación, se presentan los datos del parque vehicular y la Tasa de crecimiento promedio de los Vehículos Livianos sin motos, pasajeros y de carga.

Figura 22. Parque vehicular departamento de Masaya.

PARQUE VEHICULAR DEPARTAMENTO DE MASAYA								
AÑO	Pasajeros	Crecimiento	Liviano	Crecimiento	Carga	Crecimiento	Motos	Crecimiento
2022	1,056	1.05	13,810	1.04	3,023	1.04	30,843	1.05
2021	1,009	1.01	13,232	1.01	2,920	1.02	29,337	1.04
2020	1,002	0.90	13,140	0.99	2,865	0.97	28,291	1.13
2019	1,109	1.02	13,271	1.01	2,965	1.03	25,035	1.07
2018	1,089	1.11	13,112	1.13	2,868	1.20	23,371	1.52
2017	985	0.96	11,592	0.94	2,383	0.94	15,328	1.04
2016	1,029	1.08	12,341	1.09	2,530	1.08	14,673	1.02
2015	956	0.87	11,330	0.92	2,339	1.02	14,417	1.31
2014	1,094	1.14	12,380	1.14	2,296	1.14	11,041	1.14
2013	960	1.05	10,860	1.03	2,010	1.04	9,685	1.19
2012	911	1.05	10,518	1.07	1,925	1.08	8,158	1.23
2011	866	1.06	9,790	1.04	1,785	1.06	6,617	1.16
2010	818	1.09	9,424	1.14	1,683	1.17	5,687	1.41
2009	752	1.01	8,283	1.01	1,442	1.06	4,025	1.44
2008	743	0.63	8,207	0.68	1,356	0.86	2,794	1.33
2007	1,175	1.22	11,997	1.01	1,578	1.01	2,093	1.04
2006	967	1.26	11,857	1.75	1,560	1.21	2,011	1.38
2005	765		6,784		1,289		1,455	
	Promedio	1.91%		4.27%		5.14%		19.68%
	Período	Pasajeros	Livianos		Carga			
	2024-2027	1.15%		2.56%		3.09%		
	2028-2032	1.34%		2.99%		3.60%		
	2033-2037	1.53%		3.42%		4.11%		
	2038-2042	1.72%		3.84%		4.63%		
	2043-2047	1.91%		4.27%		5.14%		

Figura 23.Parque vehicular departamento de Carazo.

PARQUE VEHICULAR DEPARTAMENTO DE CARAZO								
AÑO	Pasajeros	Crecimiento	Liviano	Crecimiento	Carga	Crecimiento	Motos	Crecimiento
2022	1,181	1.12	10,044	1.08	1,444	1.08	18,106	1.08
2021	1,059	0.98	9,321	0.98	1,336	0.99	16,711	1.02
2020	1,078	0.89	9,501	0.91	1,347	0.91	16,400	1.15
2019	1,212	1.01	10,445	1.01	1,487	1.01	14,231	1.09
2018	1,200	1.08	10,359	1.17	1,469	1.21	13,077	1.57
2017	1,107	1.01	8,838	1.01	1,217	1.02	8,343	1.04
2016	1,095	1.01	8,733	1.02	1,196	1.02	8,026	1.03
2015	1,082	0.91	8,600	0.95	1,174	0.97	7,828	1.29
2014	1,186	1.14	9,086	1.14	1,215	1.14	6,068	1.14
2013	1,040	1.00	7,970	1.00	1,066	0.99	5,323	1.04
2012	1,040	1.07	7,954	1.12	1,074	1.13	5,128	1.36
2011	974	1.05	7,131	1.04	951	1.04	3,783	1.12
2010	932	1.10	6,876	1.11	913	1.13	3,382	1.43
2009	845	1.03	6,208	1.02	806	1.03	2,363	1.07
2008	821	0.79	6,085	1.13	783	0.90	2,217	1.29
2007	1,040	1.08	5,401	1.02	870	1.03	1,722	1.11
2006	959	1.15	5,308	1.02	846	0.87	1,545	1.52
2005	833		5,225		967		1,015	
	Promedio	2.07%		3.92%		2.39%		18.47%
	Período	Pasajeros	Livianos		Carga			
	2024-2027	1.24%		2.35%		1.43%		
	2028-2032	1.45%		2.74%		1.67%		
	2033-2037	1.66%		3.14%		1.91%		
	2038-2042	1.87%		3.53%		2.15%		
	2043-2047	2.07%		3.92%		2.39%		

Fuente: Oficina de Estadísticas DGP

Las tasas propuestas se presentan a continuación:

Figura 24. Tasas propuestas para Masaya y Carazo

MASAYA

Período	Pasajeros	Livianos	Carga
2024-2027	1.15%	2.56%	3.09%
2028-2032	1.34%	2.99%	3.60%
2033-2037	1.53%	3.42%	4.11%
2038-2042	1.72%	3.84%	4.63%
2043-2047	1.91%	4.27%	5.14%

CARAZO

Período	Pasajeros	Livianos	Carga
2024-2027	1.24%	2.35%	1.43%
2028-2032	1.45%	2.74%	1.67%
2033-2037	1.66%	3.14%	1.91%
2038-2042	1.87%	3.53%	2.15%
2043-2047	2.07%	3.92%	2.39%

4.2.2.11.4 TPDA histórico del tramo en estudio

LA PAZ CARAZO – SAN PEDRO

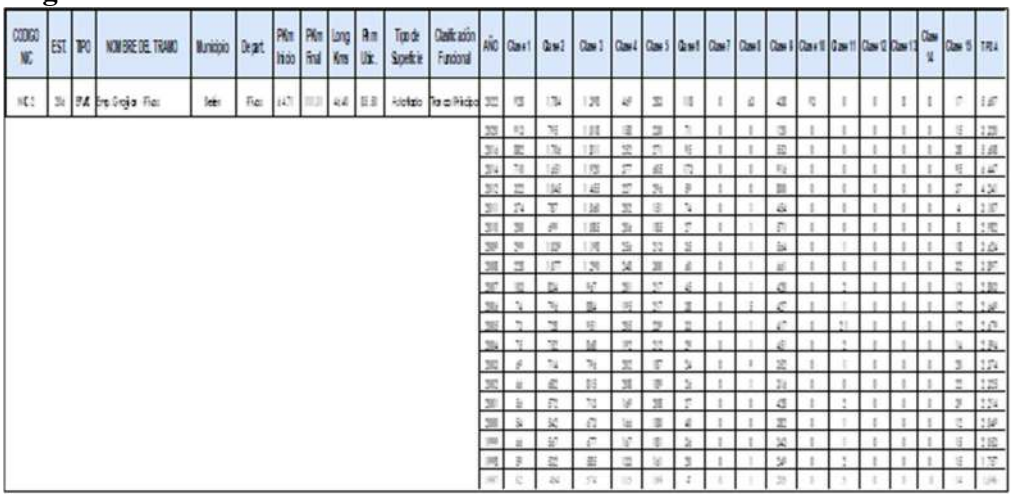
CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	AÑO	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	Clase 14	Clase 15	TPDA
NN-196	2010	ECS	La Paz de Carazo - San Pedro	2015	139	11	96	14	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11	288
				2008	80	35	61	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	187
				2004	21	26	16	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	80

LIVIANOS		PASAJEROS		CARGA		LIVIANOS SIN MOTOS		MOTOS	
246	1.05	14	1.20	28	1.22	107	1.02	139	1.08
176	1.29	4	0.79	7	1.02	96	1.23	80	1.39
64		10		7		42		21	
0	16.28%	PROMEDIO	-2.61%	PROMEDIO	11.29%	PROMEDIO	11.66%	PROMEDIO	22.62%

Figura 25. TPDA histórico del tramo en estudio, La Paz Carazo – San Pedro.

4.2.2.11.5 TPDA de las EMC asociadas al tramo

Figura 26. EMC 206



LIVIANOS		PASAJEROS		CARGA		LIVIANOS SIN MOTOS		MOTOS	
4110	1.19	469	1.72	1028	1.54	3182	1.27	928	1.01
2884	0.89	158	0.89	436	0.82	1971	0.85	913	1.01
4651	1.00	252	0.82	957	0.73	3769	0.98	882	1.11
4658	1.24	377	1.29	1789	1.23	3948	1.20	710	1.48
3049	1.26	227	1.12	1192	1.74	2727	1.33	322	0.86
2423	1.11	202	0.98	684	0.86	2049	1.03	374	1.87
2190	0.78	206	0.80	792	0.95	1990	0.80	200	0.67
2792	0.98	256	1.03	832	0.79	2493	0.95	299	1.31
2843	1.35	248	1.23	1054	1.51	2615	1.31	228	2.21
2105	1.08	201	1.03	698	1.00	2002	1.07	103	1.39
1949	1.00	195	0.95	700	0.97	1875	1.00	74	1.01
1956	1.04	205	1.07	723	1.02	1883	1.04	73	0.97
1887	1.06	192	0.95	707	1.19	1812	1.06	75	1.09
1781	1.01	202	0.97	593	1.07	1712	1.00	69	1.04
1771	1.17	208	1.23	554	0.79	1705	1.17	66	1.18
1510	1.05	169	1.02	704	1.15	1454	1.05	56	1.04
1434	0.97	166	0.99	615	1.07	1380	0.98	54	0.82
1477	1.13	167	1.26	577	1.29	1411	1.13	66	1.12
1309	1.06	133	1.16	448	0.97	1250	1.07	59	0.95
1235		115		461		1173		62	
PROMEDIO	6.37%	PROMEDIO	6.29%	PROMEDIO	5.81%	PROMEDIO	5.86%	PROMEDIO	12.09%

Figura 27. TPDA de las EMC asociadas al tramo. EMC 206

En anexo se detalla los registros de las EMC de los tramos analizados, para los análisis de las proyecciones de tráfico atraído.

4.2.2.11.6 Resumen de las Variables Analizadas

Para las proyecciones de las tasas de crecimiento para el Proyecto La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo", se propone utilizar para las tasas de crecimiento de cada tipología vehicular, el promedio de las siguientes variables:

- **TASA VEH LIV:** Promedio de las tasas del parque vehicular Liviano que abarca la zona circundante del proyecto siendo estos el Departamento de Masaya y Carazo, TPDA de las EMC asociadas y el trafico histórico liviano de cada tramo.

- **TASA VEH PASAJEROS:** Promedio de las tasas Parque vehicular de Pasajeros a nivel de Departamento de Masaya y Carazo, TPDA de las EMC asociadas, el tráfico histórico de pasajeros de cada tramo, y el crecimiento de la población nacional.

- **TASA VEH CARGA:** Promedio de las tasas Parque vehicular de Carga a nivel nacional, TPDA de las EMC asociadas, y el PIB Nacional.

VARIABLE	LIVIANO					PASAJERO					CARGA				
	2024-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042	2043-2047	2024-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042	2043-2047	2024-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042	2043-2047
ECD 1804 MASATEPE - CATARINA	2.26%	2.26%	2.26%	2.26%	2.26%	-0.40%	-0.40%	-0.40%	-0.40%	-0.40%	2.01%	2.01%	2.01%	2.01%	2.01%
EMC 401 MASAYA - GRANADA	1.91%	1.91%	1.91%	1.91%	1.91%	3.85%	3.85%	3.85%	3.85%	3.85%	5.21%	5.21%	5.21%	5.21%	5.21%
PARQUE VEHICULAR DEPARTAMENTO DE MASAYA	2.56%	2.99%	3.42%	3.84%	4.27%	1.15%	1.34%	1.53%	1.72%	1.91%	3.09%	3.60%	4.11%	4.63%	5.14%
PARQUE VEHICULAR DEPARTAMENTO DE CARAZO	2.35%	2.74%	3.14%	3.53%	3.92%	1.24%	1.45%	1.66%	1.87%	2.07%	1.43%	1.67%	1.91%	2.15%	2.39%
PIB											3.61%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
POBLACIÓN						1.72%	1.72%	1.72%	1.72%	1.72%					
PROMEDIO	**2.27%**	**2.48%**	**2.68%**	**2.89%**	**3.09%**	**1.51%**	**1.59%**	**1.67%**	**1.75%**	**1.83%**	**3.07%**	**3.30%**	**3.45%**	**3.60%**	**3.75%**

Figura 28. Resumen de tablas de crecimiento por los tipos vehicular. Estación Masatepe - Catarina

Para la Estación 5 que corresponde al Tramo MASATEPE – CATARINA se utilizaron las siguientes tasas, calculadas tomando en cuenta los mismos criterios de la del tramo en estudio.

Dichas tasas se consideran adecuadas y conservadoras, en vista de prever cualquier cambio en los factores que inciden en los índices de movilización en el proyecto.

Como se explicó anteriormente, cualquier propuesta de tasas de crecimiento tiende a incluir cierto grado de incertidumbre, por lo que es recomendable siempre proponer tasas de crecimiento conservadoras que permitan evaluar el proyecto con criterios que tengan un alto porcentaje de cumplimiento.

Se presentan las proyecciones del tráfico normal para los tramos analizados. Estos volúmenes serán utilizados en conjunto con los resultados de las encuestas OD para cuantificar el tráfico desviado hacia el proyecto.

Figura 29. Resumen de tablas de crecimiento por los tipos vehicular. Estación Grajinam – Rivas.

VARIABLE	LIVIANO					PASAJERO					CARGA				
	2024-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042	2043-2047	2024-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042	2043-2047	2024-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042	2043-2047
EMC 206 EMP. GRAJINAM -RIVAS	5.86%	5.86%	5.86%	5.86%	5.86%	6.29%	6.29%	6.29%	6.29%	6.29%	5.81%	5.81%	5.81%	5.81%	5.81%
PARQUE VEHICULAR DEPARTAMENTO DE MASAYA	2.56%	2.99%	3.42%	3.84%	4.27%	1.15%	1.34%	1.53%	1.72%	1.91%	3.09%	3.60%	4.11%	4.63%	5.14%
PARQUE VEHICULAR DEPARTAMENTO DE CARAZO	2.35%	2.74%	3.14%	3.53%	3.92%	1.24%	1.45%	1.66%	1.87%	2.07%	1.43%	1.67%	1.91%	2.15%	2.39%
PIB											3.61%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
POBLACIÓN						1.72%	1.72%	1.72%	1.72%	1.72%					
PROMEDIO	**3.59%**	**3.87%**	**4.14%**	**4.41%**	**4.68%**	**2.60%**	**2.70%**	**2.80%**	**2.90%**	**3.00%**	**3.48%**	**3.77%**	**3.96%**	**4.15%**	**4.33%**

4.2.3 Marco conceptual aplicado: Sistema Seguro

El análisis de seguridad vial propuesto se fundamenta en el paradigma del Sistema Seguro**,** el cual desplaza la responsabilidad exclusiva del usuario hacia una corresponsabilidad estructural entre diseño, normativas, fiscalización y comportamiento esperado. Este modelo implica un rediseño integral de la infraestructura, con base en cuatro principios esenciales:

- **Velocidades seguras**: compatibilizar velocidades operativas con la fragilidad humana.
- **Vías y entorno vial seguros**: reducir la probabilidad de conflicto y severidad del impacto.
- **Usuarios seguros**: educar, señalizar y proteger a los grupos más vulnerables.
- **Vehículos seguros**: facilitar tecnologías y controles que reduzcan el margen de error.

4.2.3.1 Caracterización técnica de usuarios vulnerables

Una evaluación integral de seguridad vial requiere la identificación precisa de los usuarios viales vulnerables, tales como peatones, ciclistas, personas adultas mayores, estudiantes y usuarios del transporte público, considerando variables como edad, género, movilidad reducida, nivel de dependencia y localización espacial. Se recomienda la georreferenciación detallada mediante sistemas de información geográfica (GIS) de:

- Zonas escolares y de equipamiento social.
- Paradas formales e informales de transporte público.
- Puntos de cruce peatonal de alta demanda.
- Áreas residenciales con actividad comercial adyacente.

Esta caracterización permite priorizar intervenciones donde la interacción modal y la vulnerabilidad se superponen.

4.2.3.2 Evaluación de velocidades operativas

La medición de velocidades reales a lo largo del tramo, especialmente en entornos críticos, debe realizarse utilizando el método del vehículo flotante**,** con análisis estadístico del 85.º percentil**,** desviación estándar y valores atípicos. Estos valores deben ser comparados con los umbrales definidos por organismos como la OMS (velocidad segura ≤ 30 km/h en zonas

urbanas) o la NACTO, identificando aquellos segmentos donde sea necesario implementar medidas de calmado de tráfico, tales como:

- Reducción geométrica del ancho de calzada.
- Chicanas o curvas inducidas.
- Reductores de velocidad tipo cojín berlinés o bandas ópticas.

4.2.3.3 Diagnóstico de infraestructura para modos no motorizados

La auditoría técnica debe considerar la continuidad, accesibilidad universal y seguridad de los siguientes componentes:

- **Andenes peatonales**: revisión de su ancho funcional, condiciones de superficie, rampas y obstáculos.
- **Ciclovías**: análisis de continuidad, segregación, señalización horizontal y vertical.
- **Cruces peatonales**: ubicación, visibilidad, diseño en T y necesidad de semaforización o elevación.

Se recomienda aplicar la herramienta Levels of Traffic Stress (LTS) para ciclistas y el uso de Auditorías de Seguridad Vial (ASV) con check list estandarizados por la FHWA o PIARC.

4.2.3.4 Modelación del riesgo vial

Para una intervención preventiva basada en evidencia, es fundamental la modelación del riesgo vial**,** integrando los siguientes insumos:

- Conteos peatonales y vehiculares desagregados por hora y tipo.
- Distribución modal del tráfico.
- Curvas de velocidad y aceleración.
- Condiciones geométricas y visibilidad.

La matriz de riesgo (R = exposición × probabilidad × severidad) puede ser implementada mediante software especializado como VISSIM**,** HCS o SIDRA, generando escenarios con y sin intervención que sirvan como insumo para la toma de decisiones y justificación técnica de medidas de seguridad.

4.2.3.5 Medidas de rediseño y mitigación vial

Con base en el diagnóstico y modelación, se deben incorporar medidas concretas de rediseño vial bajo los principios del Sistema Seguro:

- **Zonas 30 km/h**: en entornos escolares, hospitales y áreas residenciales densas.
- **Cruces peatonales elevados o semaforizados**: con tiempos adaptados a grupos vulnerables.
- **Separación física modal**: uso de bordillos, canalizadores y segregadores para delimitar flujos motorizados y no motorizados.
- **Bahías exclusivas para transporte público**: que reduzcan la fricción modal y faciliten el ascenso y descenso seguro.
- **Diseño perceptual**: uso de señalización, mobiliario y materiales que induzcan reducción de velocidad.

4.2.3.6 Evaluación de impacto en seguridad vial (ex ante / ex post)

La implementación del proyecto debe incluir una línea base y una línea posterior de evaluación, que permita cuantificar el impacto real sobre la seguridad vial. Los indicadores clave a medir incluyen:

- **Tasa de siniestralidad por tipo de usuario** (antes y después de la intervención).
- **Velocidades operativas promedio** en tramos específicos.
- **Tiempos promedio de cruce seguro** para peatones.
- **Nivel de servicio peatonal (LOS-P)** según metodología HCM.

Adicionalmente, se recomienda la realización de auditorías de seguridad vial post-implementación al año y a los tres años del proyecto, para asegurar la sostenibilidad y eficacia de las intervenciones.

4.2.3.7 Tipología de impactos sociales asociados

La mejora en seguridad vial genera impactos sociales diferenciados, que deben ser monitoreados con herramientas cualitativas y cuantitativas:

- **Impactos directos**: reducción de siniestros, lesiones y muertes; incremento en el uso seguro de la vía.
- **Impactos indirectos**: aumento del transporte activo (caminar, bicicleta), mejora en el acceso a servicios, reducción de la dependencia del transporte informal inseguro.
- **Impactos intangibles**: percepción de seguridad, mejora del espacio público, recuperación del tejido comunitario, inclusión social de grupos históricamente excluidos.

Incorporar los principios del Sistema Seguro al diseño del proyecto La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo no solo incrementa su viabilidad técnica y sostenibilidad, sino que posiciona la obra como **modelo de infraestructura sensible a la vida humana, a la equidad social y a la movilidad sostenible**. Esta visión estratégica debe reflejarse tanto en los planos técnicos como en los instrumentos de gestión, presupuestos, normativas municipales y sistemas de evaluación ex post.

Tabla 55. Principios y Aplicación Técnica del Sistema Seguro en Seguridad Vial

Principio del Sistema Seguro	Aplicación Técnica en el Análisis
Las personas cometen errores	El diseño geométrico propone sobreelevaciones, radios de curva amplios, andenes, sobreanchos en curvas y distancias de visibilidad que permiten márgenes de error operacionales.
El cuerpo humano tiene una tolerancia limitada al impacto.	Se analiza la incompatibilidad entre velocidades de diseño (60 kph) y la presencia de peatones, sugiriendo reducción de velocidad en zonas pobladas a 30–40 kph.
La seguridad es una responsabilidad compartida.	Se incorpora la interacción entre diseño vial, operación del transporte público y comportamiento del conductor (paradas formales, señalización, bahías, entorno visual).
Redundancia del sistema (capas de protección).	Se proponen cruces peatonales señalizados, andenes continuos, bahías, radios de giro seguros, todos como elementos que convergen para evitar lesiones graves.
La prevención de muertes es prioritaria sobre la movilidad.	El informe no se limita a fluidez del tráfico, sino que enfatiza el rediseño para proteger peatones, incluso si implica reducir velocidad o modificar geometría.

4.2.3.8 Análisis técnico de parámetros relevantes

El diseño geométrico propuesto para el camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo contempla velocidades directrices de 60 km/h en tramos rurales y 40 km/h en zonas de travesía urbana, valores que se encuentran dentro de los parámetros aceptables según la normativa del MTI (NTON 12 012-20) y las recomendaciones de la AASHTO Green Book (2020). Sin embargo, desde una perspectiva de seguridad vial y tolerancia al daño humano, es necesario trascender la mera conformidad técnica para evaluar la compatibilidad del diseño con la supervivencia y vulnerabilidad de los usuarios más expuestos.

4.2.3.9 Diseño geométrico y tolerancia al daño humano

Los estudios biomecánicos realizados por Tingvall y Haworth (1999) demostraron que la probabilidad de supervivencia de un peatón impactado por un vehículo disminuye drásticamente con el aumento de la velocidad: a 30 km/h existe un 90 % de probabilidad de sobrevivir, mientras que a 50 km/h la probabilidad de muerte supera el 80 %. Este principio constituye uno de los fundamentos del Sistema Seguro, que plantea que la infraestructura debe diseñarse reconociendo la limitada capacidad del cuerpo humano para resistir fuerzas de impacto.

Aplicando este enfoque al proyecto, se identificaron zonas con elevada exposición peatonal, particularmente en las estaciones de conteo 2, 3 y 5, donde el flujo de peatones es significativo por la presencia de viviendas, comercios locales y paradas de transporte. En consecuencia, se recomienda reducir la velocidad operativa a 30 km/h en dichos segmentos, mediante estrategias de control perceptual (estrechamiento visual, texturización, señalización vertical activa y reductores físicos), priorizando la seguridad de peatones, ciclistas y pasajeros del transporte público.

4.2.3.10 Infraestructura para usuarios vulnerables

El diseño base contempla la construcción de andenes con un ancho promedio de 1,0 m, lo que cumple con el mínimo técnico establecido en el Manual de Diseño Geométrico para Caminos Rurales; sin embargo, dicho valor resulta insuficiente en zonas de alta densidad peatonal, tales como entornos escolares o paradas de transporte. Desde el punto de vista de funcionalidad y seguridad, el ancho de andén debería incrementarse a 1,5–2,0 m, permitiendo

desplazamiento bidireccional y accesibilidad universal (rampas, guías podotáctiles, pendientes suaves).

Asimismo, se identificaron puntos críticos de ascenso y descenso de pasajeros, donde se producen maniobras de detención intempestivas sobre la calzada. En tales sectores se recomienda la construcción de bahías o apartaderos de transporte público que permitan la detención segura del vehículo sin interrumpir el flujo vehicular principal ni poner en riesgo a los peatones. Este rediseño reduce significativamente el riesgo de atropello y mejora la eficiencia operativa del sistema vial.

4.2.3.11 Inexistencia de infraestructura ciclista

La ausencia total de infraestructura ciclista en el diseño original representa una omisión crítica considerando que el diagnóstico social y de movilidad revela la presencia de usuarios que emplean bicicletas como medio de transporte cotidiano. Se propone integrar una franja compartida calmada o ciclovía segregada en los tramos con ancho disponible, conforme al estándar de 3,0 m para vía compartida o 1,5 m por sentido en ciclovías unidireccionales. Adicionalmente, debe implementarse señalización horizontal y vertical específica, reductores de velocidad y materiales antideslizantes, con el fin de garantizar la seguridad modal y visual en entornos donde convergen peatones, ciclistas y vehículos motorizados.

4.2.3.12 Diseño geométrico tolerante al error

El proyecto presenta radios mínimos de curva entre 41 m y 113 m, sobreanchos adecuados y pendientes controladas dentro del rango del 3 % al 7 %, lo que cumple con los estándares nacionales para vías secundarias pavimentadas. La distancia de visibilidad de parada, calculada entre 50 m y 85 m, satisface los valores mínimos para las velocidades proyectadas; no obstante, se recomienda un margen adicional de seguridad del 20 % en tramos con mayor interacción peatonal o en condiciones de iluminación deficiente.

El diseño tolerante al error humano implica que la vía debe permitir recuperación del control del vehículo, minimización de la severidad del impacto y prevención del error recurrente. Por ello, se sugiere incorporar elementos de diseño perceptual (bordillos, texturas, bandas sonoras y transiciones visuales) para inducir comportamientos seguros y reducir la velocidad operativa en los puntos críticos.

4.2.3.13 Evaluación integrada: riesgo, exposición y severidad

El análisis de seguridad no se limita a los parámetros geométricos, sino que integra variables de riesgo, exposición y severidad, que permiten comprender la dinámica real de interacción entre usuarios y entorno vial. Los levantamientos de campo muestran que los tramos con mayor exposición peatonal y paradas de buses coinciden con los de mayor velocidad operativa promedio (entre 48 y 62 km/h), lo que incrementa el nivel de riesgo de siniestros graves. En estos sectores, la probabilidad de ocurrencia de eventos con lesiones severas es elevada si las condiciones actuales se mantienen.

Mediante la aplicación de una matriz de riesgo (exposición × probabilidad × severidad), se determinó que los puntos de cruce peatonal y los entornos de transporte público presentan niveles de riesgo alto a muy alto, especialmente en horas pico. Para mitigar esta situación, la solución técnica incorpora un conjunto de medidas de ingeniería y gestión, entre ellas:

- Reducción de velocidad a 30 km/h en entornos urbanos y escolares.
- Construcción de andenes continuos y accesibles con bordillos de seguridad.
- Implementación de bahías de detención y refugios peatonales**.**
- Separación física de flujos peatonales y vehiculares mediante elementos de contención o jardineras.
- Señalización luminosa activa en zonas de cruce frecuente.
- Auditorías de seguridad vial pre y post construcción para monitorear la efectividad de las intervenciones.

El enfoque adoptado, basado en el principio de seguridad proactiva**,** permite pasar de una visión reactiva centrada en los accidentes a una gestión predictiva del riesgo, donde la infraestructura se concibe como el principal instrumento de prevención.

El diseño geométrico del camino, aunque cumple con los criterios normativos del MTI y los estándares internacionales de ingeniería vial, requiere ajustes estratégicos orientados a incrementar la seguridad de los usuarios vulnerables y a compatibilizar la infraestructura con la tolerancia humana al error.

Integrar los principios del Sistema Seguro**,** junto con herramientas de análisis de riesgo y medidas de rediseño perceptual, permitirá no solo reducir la siniestralidad potencial, sino también garantizar un entorno vial resiliente, inclusivo y sostenible**,** alineado con las metas de seguridad vial 2030 de las Naciones Unidas y las políticas nacionales de movilidad segura.

Tabla 56. Medidas propuestas e impactos en reducción de muertes y lesiones

Medida Propuesta	Impacto en reducción de muertes y lesiones
Zonas 30 kph en entornos urbanos/sensibles	Baja energía cinética en colisiones.
Bahías de buses seguras	Evita atropellos al abordar y descender.
Andenes continuos con separación	Protege al peatón del flujo vehicular.
Cruces peatonales señalizados en poblados	Visibilidad, prioridad y reducción de atropellos.
Reducción de obstáculos laterales y aumento del sobreancho	Mejora el margen de maniobra ante errores.
Separación modal o franjas calmadas para ciclistas	Evita colisiones laterales.

4.2.3.14 Evaluación técnica basada en evidencia para el diseño vial seguro

El presente análisis no solo cumple con los principios del Sistema Seguro, orientado a la reducción de muertes y lesiones graves, sino que trasciende la visión normativa tradicional al integrar una perspectiva basada en evidencia científica, parámetros estadísticos y datos empíricos del entorno vial. La articulación entre el diseño geométrico, los patrones reales de movilidad y los niveles de exposición al riesgo permite elevar el estándar de seguridad vial del proyecto La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. En particular, se incorporan datos clave del Estudio de Tráfico: conteos peatonales, análisis de velocidades al 85.º percentil, volumen horario máximo y distribución modal, que fortalecen el sustento técnico del rediseño propuesto.

4.2.3.15 Conteos peatonales: Fundamentación, metodología y aplicación

Los conteos peatonales representan una herramienta indispensable en la caracterización de la demanda de movilidad no motorizada, siendo particularmente relevantes en proyectos

orientados a la protección de usuarios vulnerables. Su inclusión permite identificar los puntos de mayor exposición, determinar la intensidad del uso peatonal y priorizar intervenciones.

- **Fundamentación técnica**: El método utilizado consistió en conteos visuales manuales transversales en franjas horarias pico, durante varios días consecutivos, lo que garantiza una base estadística representativa. La segmentación horaria permite diferenciar patrones por tipo de día (laboral, fin de semana) y por franja etaria.
- **Aplicación operativa**: Estos datos sustentan el rediseño de zonas escolares, pasos peatonales, andenes, bahías y zonas de espera segura. El análisis de intensidad peatonal permite justificar zonas de velocidad reducida (Zona 30)**,** refugios centrales y dispositivos de señalización activa.
- **Marco conceptual**: El volumen peatonal se relaciona directamente con **el** riesgo de atropello y con la necesidad de garantizar accesibilidad universal y conectividad segura**.** Así, el diseño se ajusta al comportamiento real de la población, no a supuestos genéricos.

4.2.3.16 Velocidades al 85.º percentil: Justificación y profundidad técnica

El análisis de velocidades operativas reales mediante el cálculo del 85.º percentil constituye un estándar internacional para el diseño de controles de velocidad, zonas de transición, pasos peatonales seguros y señalización efectiva.

- **Metodología aplicada**: Se utilizó el método del vehículo flotante**,** con múltiples recorridos en distintas horas del día y días de la semana. Esta técnica permite obtener una muestra significativa y confiable del comportamiento real de los conductores, incluyendo aceleraciones y frenadas.
- **Resultados críticos**: En varios segmentos se identificaron velocidades del 85.º percentil superiores a 50 km/h, incluso en zonas con alta interacción modal, lo cual incrementa el riesgo de lesiones graves en caso de siniestros viales. Estos hallazgos justifican la implementación de estrategias de calmado de tráfico como pasos peatonales elevados, bandas sonoras, estrechamientos visuales y dispositivos óptico-acústicos.

- **Marco conceptual**: La velocidad operativa se considera un factor de exposición y de severidad simultáneamente, por lo cual su control es una de las herramientas más efectivas para reducir siniestralidad grave. Diseñar infraestructura sin considerar este parámetro implica un desfase entre la realidad vial y la respuesta técnica.

4.2.3.17 Volumen horario máximo y composición modal

El análisis del volumen horario máximo (VHM) y de la distribución por tipo de usuario constituye un insumo fundamental para la planificación de la capacidad vial, el diseño geométrico y la asignación de espacio para cada modo de transporte.

- **Profundización técnica**: Se identificaron los VHM mediante conteos continuos, diferenciando ambos sentidos de circulación, lo cual permite calcular el nivel de servicio (LOS) y las demandas pico por carril. Este dato se usa también para el dimensionamiento de carriles, apartaderos y radios de giro.
- **Distribución modal**: La presencia combinada de vehículos particulares, motocicletas, transporte público, peatones y ciclistas evidencia una **alta complejidad modal**, que exige infraestructura diferenciada para garantizar seguridad e interoperabilidad.
- **Justificación técnica**: La composición modal define las prioridades del diseño. Por ejemplo, una alta proporción de transporte público justifica la construcción de bahías específicas**,** mientras que un flujo peatonal elevado justifica andenes amplios y cruces seguros.
- **Marco conceptual**: Diseñar sin considerar la multimodalidad genera externalidades negativas como congestión, atropellos, uso indebido de espacios y conflictos viales. La planificación basada en datos desagregados es esencial para la equidad modal y la eficiencia operativa.

4.2.3.18 Integración y aplicación en el diseño vial seguro

La integración de los resultados obtenidos mediante conteos, análisis de velocidad y composición modal fortalece el rediseño geométrico, permitiendo el uso de modelos de simulación y herramientas de análisis avanzado:

- **Modelos aplicados**:
  - **HCM 2016 (Highway Capacity Manual)** para estimación de niveles de servicio y capacidad.
  - **HCS (Highway Capacity Software)** para intersecciones y tramos homogéneos.
  - **SIDRA INTERSECTION** para análisis de eficiencia semafórica y puntos de cruce.
- **Calibración local**: Los modelos fueron calibrados con los datos recolectados, lo cual permite una simulación realista de escenarios con y sin intervención, aportando evidencia objetiva para la toma de decisiones.

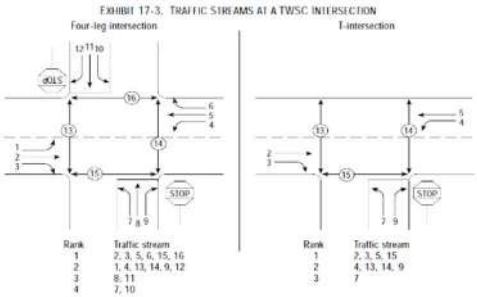
Este enfoque permite pasar de un diseño normativo a un diseño basado en comportamiento real y evidencias locales**,** lo que incrementa la eficacia de las medidas y su aceptación social.

La evaluación técnica realizada demuestra que la aplicación rigurosa de herramientas como conteos peatonales, análisis de velocidad al percentil 85, volumen horario máximo y distribución modal proporciona una base sólida para un diseño vial seguro, adaptado y resiliente. Este enfoque garantiza que las soluciones propuestas no solo sean geométricamente viables, sino que también respondan a las necesidades reales de los usuarios**,** reduzcan los niveles de riesgo y promuevan un entorno de movilidad segura y sostenible.

En especial, la protección de peatones y ciclistas**,** grupos históricamente vulnerables y marginados en el diseño vial convencional, se convierte en una prioridad estructural y no accesoria. La incorporación de estos datos no es un complemento del diseño: es su núcleo fundamental.

Esquematización de la Interacción entre Vehículos, Peatones y Ciclistas a través de Mapas de Calor y Diagramas de Conflicto

Figura 30. Flujos y sus prioridades



El diagrama presentado en el *Exhibit 17-3* ilustra los flujos vehiculares en dos tipos de intersecciones controladas por señales de alto en solo una de las vías: una intersección de cuatro ramas (*four-leg*) y una intersección en T (*T-intersection*). Esta representación técnica proviene del *Highway Capacity Manual (HCM)* y constituye una herramienta fundamental para el análisis de capacidad vial y seguridad en cruces donde no se emplean semáforos.

En ambos casos, el modelo clasifica los movimientos vehiculares en distintas corrientes de tráfico**,** a las cuales se les asigna una jerarquía operacional (*Rank*) basada en la prioridad de paso. Los movimientos que circulan sobre la vía principal tienen mayor prioridad (rango 1), mientras que aquellos que provienen de las vías secundarias, deben ceder el paso y enfrentan mayor riesgo de demora y colisión (rango 2, 3 y 4). Esta jerarquía es clave para entender el comportamiento de los conductores en situaciones de cruce, giro o ingreso a la vía principal, sobre todo cuando no existen semáforos ni agentes reguladores.

Desde una perspectiva de diseño vial seguro, este esquema permite identificar los movimientos con mayor nivel de conflicto o complejidad operativa, lo cual es vital para la definición de estrategias de mitigación. En la intersección de cuatro ramas, por ejemplo, los flujos con mayor complejidad corresponden a giros a la izquierda desde vías secundarias (como los flujos 7 y 10), mientras que, en la intersección en T, se destacan como movimientos críticos los cruces directos desde la vía menor (movimiento 7) hacia la principal.

Este análisis es directamente aplicable al estudio de prefactibilidad del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo, ya que en varias de sus intersecciones se ha identificado una configuración similar a las aquí representadas. Por tanto, conocer los patrones de conflicto y sus rangos permite tomar decisiones informadas respecto a:

- La necesidad de canalización de giros, instalación de bahías de espera o ampliación de radios de giro.
- El uso de señalización vertical de ceda el paso o alto con visibilidad garantizada.
- La evaluación del tiempo de espera aceptable por movimiento y su impacto en el nivel de servicio (LOS) de la intersección.

- La pertinencia de medidas adicionales de seguridad vial**,** como reductores de velocidad, islas canalizadoras, cruces peatonales protegidos o, en casos extremos, la transformación de la intersección en un nodo semaforizado.

Además, la información de los estudios de tráfico del proyecto permite modelar con mayor precisión la interacción entre los flujos, utilizando herramientas de simulación como HCS, SIDRA o VISSIM, y valorar la seguridad ex ante y ex post de las intervenciones propuestas.

En síntesis, la aplicación de esta herramienta metodológica fortalece el enfoque técnico del diseño vial al reconocer que no todas las intersecciones presentan los mismos niveles de riesgo, y que cada configuración geométrica debe analizarse considerando la interacción dinámica entre los diferentes flujos de tráfico, su prioridad operativa y las condiciones reales del entorno. Este enfoque garantiza intervenciones más seguras, eficientes y adaptadas a las necesidades específicas de cada tramo crítico del corredor vial.

Criterios de Diseño para Accesibilidad Universal (Normativa técnica nicaragüense sobre urbanismo, ac INIFOM).

Tabla 57. Criterios de diseño para accesibilidad universal

Criterio	Normativa y Fuente	Descripción	Acciones Pr
Accesibilidad de Peatones	NTON 05-015-02, Ley 217, MINSA	Se debe garantizar la accesibilidad peatonal sin barreras físicas y con superficies adecuadas para personas con movilidad reducida (PMR).	- Ampliación de andenes. - Uso de rampas en todas - Implementación de accesibles.
Diseño de Intersecciones y Cruces Peatonales	NTON 05-015-02, INIFOM, Decreto 52-97	Las intersecciones deben ser diseñadas con un enfoque en seguridad peatonal y accesibilidad para personas con discapacidad.	- Señalización adecuada e - Instalar semáforos ac visuales). - Reducción de pasos peat vulnerables.
Señalización	NTON 05-015-02, Ley 217	La señalización debe ser clara, visible y comprensible para todas las personas, incluyendo las que tienen discapacidades visuales o auditivas.	- Señalización en braille cruces peatonales. - Uso de colores contras visibilidad de las señales.
Superficies de Rodadura	NTON 05-015-02, INIFOM	Superficies continuas, antideslizantes y de fácil tránsito para personas con sillas de ruedas o movilidad reducida.	- Pavimentación uniforme - Superficies antidesliza humedad o lluvias.
Acceso al Transporte Público	Ley 217, MINSA, IFC PS1	El diseño vial debe permitir el acceso seguro y sin barreras al transporte público, incluyendo paradas accesibles para personas con discapacidad.	- Construcción de bahías - Garantizar que las para obstáculos y con pavimen

Criterio	Normativa y Fuente	Descripción	Acciones Propuestas
Acceso a Servicios y Edificaciones	Ley 445 (Gobiernos Municipales), NTON 05-015-02	Las edificaciones y servicios públicos deben ser accesibles, eliminando barreras físicas y proporcionando rutas accesibles.	- Incluir rampas de acceso en todos los edificios públicos. - Asegurar puertas automáticas o fáciles de abrir. - Espacios amplios para facilitar el movimiento de PMR.
Zonas de Alto Tránsito Peatonal	NTON 05-015-02, Ley 217	En zonas de alto tránsito peatonal, debe garantizarse la fluidez y la seguridad, con especial énfasis en la accesibilidad.	- Instalar pasos elevados en zonas concurridas. - Crear espacios de espera para peatones sin interferencia del tráfico vehicular. - Diseñar áreas de descanso accesibles.
Espacios Públicos y Áreas Recreativas	NTON 05-015-02, MINSA	Los espacios públicos deben ser inclusivos y permitir el acceso y disfrute por parte de todas las personas, incluyendo personas con discapacidad.	- Áreas recreativas con accesibilidad universal (senderos, bancos, fuentes de agua accesibles). - Zonas de juegos inclusivos para niños con y sin discapacidad.
Seguridad Vial y Prevención de Accesos Inadecuados	Ley 217, Decreto 52-97	Se deben evitar puntos de acceso peligrosos y garantizar que la infraestructura vial no excluya a personas con discapacidad.	- Diseño de cruces con rampas y señalización adecuada. - Eliminación de barreras físicas que impidan la circulación fluida y segura.
Participación Comunitaria y Consultas Previas	Ley 40 (Gobiernos Municipales), IFC PS5	Es necesario garantizar la participación activa de la comunidad en el proceso de planificación y ejecución de proyectos urbanos.	- Consultas públicas previas a la ejecución del proyecto. - Involucrar a personas con discapacidad en las evaluaciones de accesibilidad.

Comparación entre la sección vial proyectada y la normativa internacional AASHTO, Manual Centroamericano de Seguridad Vial (CAERI).

Tabla 58. Comparación entre la sección vial proyectada y la normativa internacional

Elemento de diseño	Normativa nacional (NTN / MINSA / INIFOM)	Normativa internacional (AASHTO / CAERI)	Sección vial proyectada
Andén peatonal	Mínimo 1.50 m continuo libre de obstáculos (NTN)	Mínimo 1.80 m (AASHTO – para zonas urbanas densas)	1.20 m
Rampas para personas con discapacidad	Pendiente ≤ 8.33%, ancho ≥ 0.90 m, textura y contraste visual (NTN/MINSA)	Similar (ADA/AASHTO)	Incluidas con pendiente 10%
Cruce peatonal señalizado	Señal horizontal + vertical, preferentemente con reductores (NTN)	Obligatorias en zonas escolares y alto tráfico (CAERI/AASHTO)	Parcial (horizontal sin vertical)
Ciclovía	No está regulada a detalle en NTN, pero se sugiere segregación o franja de 1.50 m	1.50–2.00 m segregada (AASHTO / CAERI)	1.00 m adosada a vía vehicular
Iluminación peatonal	Nivel mínimo recomendado: 10 lux (NTN)	AASHTO: ≥ 10–20 lux en zonas urbanas	Prevista 8 lux
Paso peatonal con isleta de refugio	Recomendado en vías con más de 2 carriles (NTN)	Recomendado en CAERI/AASHTO para cruces largos	No incluye

Tabla 59. Matriz de evaluación de riesgos viales por tipo de usuario vulnerable

Tipo de Usuario Vulnerable	Exposición al Tráfico	Velocidades Operativas	Infraestructura (Adecuación)	Comportamiento del Tráfico	Visibilidad y Señalización	Accesibilidad y Condiciones del Terreno	Riesgo Total	Acción Recomendada
Peatones	Alta (zonas sin cruces seguros)	Alta (velocidades de 50-60 km/h)	Baja (sin pasos de peatones o iluminación)	Alta (incumplimiento de ceda el paso)	Baja (falta de señales, iluminación pobre)	Baja (aceras estrechas, obstáculos)	Alto	Mejorar pasos peatonales, semáforos, iluminación
Ciclistas	Moderada (carreteras sin ciclovías)	Alta (40-50 km/h en tramos sin carriles)	Nula (sin carril exclusivo)	Moderada (conductores no respetan distancia)	Moderada (señalización escasa)	Moderada (baches, falta de espacio)	Alto	Implementar ciclovías, reducción de velocidad, mejorar pavimentación
Pasajeros de transporte público	Moderada (paradas sin zonas de espera)	Alta (30-60 km/h)	Insuficiente (paradas sin señalización)	Alta (paradas en lugares inapropiados)	Baja (falta de señalización de paradas)	Moderada (terreno irregular, difícil acceso)	Moderado	Mejorar paradas, señalización y accesibilidad
Personas con movilidad reducida	Baja (menor exposición directa)	Baja (zonas urbanas, velocidades moderadas)	Alta (falta de rampas y accesos)	Moderada (baja visibilidad al cruzar)	Baja (señales no accesibles)	Alta (terreno desnivelado, obstáculos)	Alto	Crear infraestructura accesible, mejorar cruces y rampas

4.2.3.19 Análisis técnico de la matriz de mitigación de riesgos viales para usuarios vulnerables

El análisis de la matriz de riesgos revela que la implementación de medidas de gestión de velocidad, diseño vial y señalización tiene un impacto significativo en la reducción tanto de la probabilidad como de la severidad de los siniestros viales, particularmente en zonas con alta interacción entre peatones, ciclistas y vehículos motorizados.

Una de las intervenciones más eficaces identificadas es la reducción de la velocidad operativa. Establecer límites de velocidad de 30 km/h en entornos urbanos, escolares o con alta concentración peatonal permite reducir drásticamente la letalidad de los atropellos. Esta recomendación está respaldada por evidencia científica (Tingvall & Haworth, 1999), que señala que a dicha velocidad la probabilidad de supervivencia de un peatón atropellado supera el 90 %. Por tanto, esta medida transforma un escenario de alta severidad a un nivel de riesgo moderado o bajo, posicionándose como una de las más críticas dentro de la estrategia de intervención vial.

Complementariamente, la implementación de pasos peatonales elevados y ciclovías segregadas contribuye a mejorar la seguridad y la visibilidad de los usuarios no motorizados. Estas soluciones no solo canalizan el flujo peatonal y ciclista hacia zonas específicas de cruce y circulación, sino que también generan un efecto de calmado del tráfico al obligar a los conductores a reducir la velocidad. Estas medidas tienen alta efectividad, sobre todo cuando se integran con señalización semafórica o elementos de control perceptual.

Por su parte, la instalación de rampas de accesibilidad universal resulta fundamental para garantizar el derecho a la movilidad segura de personas con discapacidad, adultos mayores y familias con cochecitos. Si bien su impacto en la reducción de accidentes graves es menor en comparación con otras medidas, estas infraestructuras minimizan el riesgo de caídas y fomentan una circulación segura e inclusiva, especialmente en condiciones climáticas adversas.

Una medida clave en la reducción de colisiones directas es la separación física de modos, mediante barreras, bolardos o franjas de amortiguamiento. En tramos con alta velocidad o

tráfico intenso, la segregación modal permite aislar los flujos motorizados de los no motorizados, disminuyendo de forma significativa los puntos de conflicto y, por ende, la probabilidad de colisiones frontales o laterales.

En contextos de baja visibilidad, la iluminación adecuada y la señalización vertical y horizontal son elementos críticos. La correcta demarcación de cruces, la presencia de señales de advertencia visibles y el uso de materiales retro reflectivos en pavimento y mobiliario urbano potencian la capacidad de anticipación de los conductores y reducen el tiempo de reacción ante la presencia de usuarios vulnerables. Estas intervenciones también tienen una alta rentabilidad técnica, al mejorar la percepción del entorno vial sin requerir cambios estructurales complejos.

En conjunto, la matriz evidencia que la combinación articulada de estas medidas en lugar de su implementación aislada, es lo que permite alcanzar niveles óptimos de seguridad vial. Especial atención debe darse a aquellas intervenciones que abordan directamente la exposición al riesgo (como las ciclovías segregadas y pasos peatonales), así como a las que modifican el comportamiento del conductor (como la reducción de velocidad y el diseño perceptual del entorno vial).

En conclusión, el enfoque integral adoptado en la matriz permite priorizar intervenciones con mayor potencial de mitigación, adaptadas al contexto local del corredor La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. Estas acciones no solo se alinean con los principios del Sistema Seguro, sino que también garantizan un entorno más equitativo, accesible y resiliente para todos los usuarios de la vía, con énfasis en la protección de los más vulnerables.

4.2.4 Conclusiones

Las tasas de crecimiento que se utilizaron son del resultado del promedio de las siguientes variables: Promedio de las tasas del parque vehicular Liviano que abarca la zona circundante del proyecto siendo estos el Departamento de Masaya y Carazo, TPDA de las EMC asociadas y el tráfico histórico liviano, pasajeros y carga, crecimiento de la población nacional, y el Promedio de las tasas del PIB Nacional.

Figura 31. Promedio de las tasas del PIB Nacional

TASAS CRECIMIENTO	LIVIANO	PASAJERO	CARGA
2024-2027	3.59%	2.60%	3.48%
2028-2032	3.87%	2.70%	3.77%
2033-2037	4.14%	2.80%	3.96%
2038-2042	4.41%	2.90%	4.15%
2043-2047	4.68%	3.00%	4.33%

- El TPDA Normal resultante del camino es de 916 vpd en el año 2023 y 2.049 vpd al año 2047.
- Se proyecta el inicio de operación de la vía ya mejorada para el año 2028, tomando en consideración los tiempos de solicitud de financiamiento, adquisiciones y ejecución de obras. El periodo de diseño es de 20 años.
- El final del periodo de diseño es el 2047.
- Resumen del tráfico total para alternativa Mezcla asfáltica 3,961 vpd, para concreto Hidráulico convencional es de 3,906 vpd y concreto losas cortas de 3,863 vpd.

Tabla 60. Tráfico Total para Mezcla Asfáltica, Concreto Hidráulico y Losas Cortas.

AÑO	TPDA TOTAL MAC	TPDA TOTAL CH	TPDA TOTAL LC
2023	916	916	916
2047	3,961	3,906	3,863

- El vehículo de mayor circulación es la moto con un 52%, seguido de la camioneta con un 17% y autos con un 14%.
- El NS de la vía sin proyecto es “B”, posteriormente con la adecuación de los anchos de la sección típica se mejora el nivel servicio en “A” en el periodo 2023-2032, luego a medida se vaya incrementando el flujo vehicular va disminuyendo llegando a NS B en el periodo del año 2033 hasta el año 2046, hasta llegar a un nivel C al final de la vida útil de los 20 años año 2047.

La velocidad de operación para circular durante el tramo en estudio, en la situación sin proyecto es de 25 km/h, en contraste, en el estudio de velocidad se determina, de 40 km/h, esto implica en ahorro en tiempo de recorrido, ahorro en costos de movilización, reducción

del impacto del calentamiento global y recuperación del valor residual en un período determinado.

En este sentido, el proyecto incorpora principios del enfoque de Sistema Seguro, orientados a la reducción del riesgo y de la severidad de los accidentes mediante un diseño geométrico más seguro, predecible y tolerante al error humano. Por lo tanto, se concluye que el mejoramiento del camino contribuye de manera positiva a la seguridad vial de la población, cumpliendo con el objetivo específico de analizar el efecto del proyecto en la seguridad vial, con énfasis en la protección de los usuarios vulnerables dentro del área de influencia.

4.3 Caracterizar el flujo vehicular, las propiedades geotécnicas del suelo y definir los espesores estructurales del pavimento en el área de influencia del proyecto, conforme a la normativa técnica aplicable

4.3.1 Resumen de la caracterización del flujo vehicular para el diseño de pavimento

El análisis del flujo vehicular en el área de influencia del proyecto incluyó la determinación del tránsito de diseño, la identificación del tránsito pesado y el cálculo de los ejes equivalentes (ESAL), con el fin de establecer los requerimientos estructurales del pavimento. Estos datos se obtuvieron a partir de los conteos vehiculares, la composición modal y las proyecciones de tráfico, integrando las tasas de crecimiento vehicular y las condiciones de operación de la vía.

El resultado permite dimensionar adecuadamente los espesores de pavimento y garantizar que la infraestructura propuesta soporte de manera eficiente la carga proyectada durante el período de diseño, sin comprometer la durabilidad ni la seguridad vial.

4.3.2 Caracterización de las propiedades del suelo

4.3.2.1 Características geotécnicas

En el tramo en estudio se realizaron 29 sondeos en el cual los suelos están conformados por 8 tipos de suelos según clasificación AASHTO. A continuación, presentamos una tabla con los tipos de suelos y porcentajes referente al total de muestras obtenidas.

Tabla 61. Tipos de Suelos y porcentajes referentes al total de muestras

No.	TIPO DE SUELOS	CANT. DE MUESTRAS	INDICE DE GRUPO	
			MINIMO	MAXIMO
1	A-1-b	5	0	0
2	A-2-4	3	0	0
3	A-2-7	2	0	0
4	A-4	6	0	10
5	A-5	1	9	9
6	A-6	4	3	7
7	A-7-5	25	10	29
8	A-7-6	2	7	13
	Total, de muestras	**47**		

4.3.2.2 Problemas geotécnicos

Según los tipos de suelos encontrados, podemos decir que los suelos encontrados en la zona de los siguientes sondeos:

Tabla 62. Suelos encontrados en la zona

1. Sondeo	2. Estación	3. Profundidad	4. Clasificación AASHTO
5. SM-1	6. 0+000	7. 0.14 – 1.50 m	8. A-7-5(10-13)
9. SM-2	10. 0+500	11. 0.00 – 1.50 m	12. A-7-5(8-10)
13. SM-3	14. 1+000	15. 0.00 – 1.50 m	16. A-7-5(18)
17. SM-4	18. 1+500	19. 0.00 – 1.50 m	20. A-7-5(20-23)
21. SM-5	22. 2+000	23. 0.00 – 1.50 m	24. A-7-5(26)
25. SM-6	26. 2+500	27. 0.00 – 1.50 m	28. A-7-5(16-26)
29. SM-7	30. 3+000	31. 0.60 -1.50 m	32. A-7-5(13)
33. SM-8	34. 3+500	35. 0.00 – 0.90 m	36. A-7-5(19)
37. SM-9	38. 4+000	39. 0.00 – 1.50 m	40. A-7-5(15); A-6(7);
41. SM-10	42. 4+500	43. 0.00 – 1.50 m	44. A-5(9); A-7-5(48)
45. SM-11	46. 5+100	47. 0.00 – 1.50 m	48. A-7-5(25-27)
49. SM-13	50. 6+000	51. 0.00 – 1.50 m	52. A-7-5(29)
53. SM-14	54. 6+500	55. 0.00 – 1.50 m	56. A-6(6)
57. SM-15	58. 6+750	59. 0.00 – 1.50 m	60. A-7-5(12); A-7-6(7)
61. SM-16	62. 7+000	63. 0.00 – 1.50 m	64. A-7-5(6-9); A-7-6(13)
65. SM-17	66. 7+250	67. 0.00 – 0.82 m	68. A-7-5(5)
69. SM-18	70. 7+500	71. 0.00 – 1.50 m	72. A-7-5(18)
73. SM-19	74. 7+750	75. 0.00 – 0.80 m	76. A-4(0)
77. SM-21	78. 8+300	79. 0.00 – 1.50 m	80. A-7-5(18-24)
81. SM-22	82. 8+550	83. 0.00 – 0.40 m	84. A-6(4)
85. SM-24	86. 9+300	87. 0.00 – 1.50 m	88. A-4(10); A-7-5(31)
89. SM-26	90. 10+000	91. 0.00 – 1.50 m	92. A-7-5(18)
93. SM-27	94. 10+250	95. 0.00 – 1.50 m	96. A-7-5(10)
97. SM-28	98. 10+500	99. 0.00 – 1.50 m	100. A-7-5(23)

Corresponden a suelos finos de baja capacidad portante, por lo cual esto se considera un problema geotécnico ya que estos suelos no son adecuados como terreno de fundación para la estructura de pavimento. Por lo que este material debe ser retirado y reemplazado con material de préstamo.

4.3.2.3 Trabajos de Campo y Laboratorio

4.3.2.3.1 Sondeos manuales sobre la línea y área de ampliación

Los trabajos de campo consistieron en la realización de 29 sondeos de pozos a cielo abierto (PCA) a lo largo de la línea de estudio. Para realizar el trabajo de campo, es decir, la extracción de muestras de los sondeos previamente ubicados; se hizo uso de las recomendaciones citadas en el Laboratorio de Suelos, asimismo de Ingenieros y personas con experiencia en esta rama.

La exploración y muestreo del camino, se efectuó mediante sondeos manuales ubicados en toda la longitud del mismo a una distancia de 250 metros de separación uno con otro y hasta una profundidad máxima de 1.50 m.

Los pozos a cielo abierto se rellenaron inmediatamente después de recolectar las muestras para evitar accidentes.

Las actividades de campo se realizaron con dos (2) cuadrillas conformadas de la siguiente manera: Un Ingeniero supervisor con experiencia en este tipo de trabajo, Un laboratorista y Cuatro ayudantes, con su equipo completo de perforación manual, provistos con barras, palas y posteadoras.

Las muestras extraídas de los sondeos de línea, se trasladaron al laboratorio de suelos y materiales a fin de iniciar el proceso de ensayes de las respectivas muestras de suelo obtenidas, que permitirá determinar las características físicas-mecánicas de cada estrato extraído de dichos sondeos o pozos a cielo abierto (PCA). Se les determinó su humedad natural, distribución de tamaños (Granulometría) y propiedades plásticas, es decir, su Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad. Luego en base a estos resultados, se procedió a efectuar la clasificación definitiva del material, de acuerdo al sistema AASHTO M-145 (Classification of Soils and Soil Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes).

Adicionalmente a muestras representativas de los materiales del camino tanto de la capa de revestimiento existente como de la sub rasante o terreno natural que la soporta, se les determinó su densidad seca máxima y humedad óptima de acuerdo con la metodología Proctor Estándar, para finalmente determinar su resistencia o valor relativo soporte (CBR) a 90%, 95% y 100% de compactación. Este valor es de fundamental importancia para el diseño de la nueva estructura del pavimento en la ampliación del proyecto.

Cabe señalar que todos los análisis y ensayes de laboratorio fueron efectuados en base a la normativas y procedimientos de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y/o por la American Association of State Highway and Transpotation (AASHTO).

Tabla 63. Ensayos de laboratorio a muestras de sondeos de línea

Ensayos en Sondeos de Línea		
Número	**Nombre del Ensayo**	**Norma ASTM o AASHTO**
1	Granulometría	ASTM D-422 o AASHTO T-88
2	Límite líquido	ASTM D-423 o AASHTO T-89
3	Límite plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 o AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 o AASHTO M-145
5	Proctor estándar	ASTM D-698 o AASHTO T-99
6	CBR	ASTM D-1883 o AASHTO T-193
7	Humedad natural	ASTM D-2216

4.3.2.3.2 Resultados de los ensayos de los sondeos sobre la línea

Los suelos tipo **A-1-b**. pasan entre el 70 a 94% de sus partículas el tamiz No 4 y ente 12 a 30% pasan el tamiz No 200. Poseen características de consistencia que va desde de no Plástica hasta un límite liquido entre 5 y 31% y un índice de plasticidad desde 4 a 7%.

Los suelos **A-2-4 localizados con índice de grupo igual a cero**, con características de consistencia que van desde No plásticos hasta 39% de limite líquido y 10% de índice de plasticidad, con partículas que pasan el tamiz No 4 desde 74 hasta 92% y de 21 a 33% de sus partículas pasan el tamiz No 200.

De acuerdo a los resultados de laboratorio podemos decir que los suelos tipo **A-2-7 con índice de grupo de 2**, poseen una granulometría con partículas que pasan el 81% el tamiz

No 4 y el 34% el tamiz No 200. Además, estos poseen límite líquido de 53%, índice de plasticidad de 19%.

Los suelos tipo **A-4 poseen índices de grupo de 0 a 10.** En este tipo de suelos sus partículas pasan desde 94 hasta 10% el tamiz No 4 y de 37 a 92% el tamiz No 200. Las características de consistencia podemos decir que varían desde No plásticos hasta 39% de limite líquido y 9% de índice de plasticidad.

Los suelos tipo **A-5 con índice de grupo de 9**, poseen una granulometría con partículas que pasan el 100% el tamiz No 4 y el 80% el tamiz No 200. Además, estos poseen límite líquido de 41%, índice de plasticidad de 9%.

Los suelos tipo **A-6 posee índice de grupo de 3 a 7** encontrado a lo largo del tramo. Sus características granulométricas son variables, de 87 a 99% pasan sus partículas el tamiz No 4 y de 44 a 64% pasan el tamiz No 200. Las características de consistencia podemos decir que varían desde 34 hasta 39% de limite líquido y de 11 a 15% de índice de plasticidad.

En los suelos **A-7-5 con índice de grupo de 10 a 29** encontrado a lo largo del tramo, su granulometría varía de 72 a 100% de las partículas pasan el tamiz No 4 y de 54 a 94% pasan el tamiz No 200. Estos suelos poseen límite líquido que va de 53 a 72%, con índice de plasticidad del 15 a 29%.

En los suelos **A-7-6 con índice de grupo de 7 a 13** encontrado a lo largo del tramo, su granulometría varía de 94 a 97% de las partículas pasan el tamiz No 4 y de 54 a 94% pasan el tamiz No 200. Estos suelos poseen límite líquido de 42%, con índice de plasticidad de 16 a 18%.

Tabla 64. Estratigrafía de los sondeos de línea

Sondeo	Estación	Desviación	Profundidad	Muestra	AASHTO	Descripción
SM-1	0+000	L/C	0.00 - 0.14 m	1	A-1-b	Arena limosa con grava, color gris.
			0.14 - 0.90 m	2	A-7-5(13)	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café oscuro.
			0.90 - 1.20 m	3	A-7-5(15)	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café.
			1.20 - 1.50 m	4	A-7-5(10)	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café claro.
SM-2	0+500	B/D	0.00 - 0.30 m	1	A-7-5(10)	Limo gravoso con arena de alta compresibilidad, color café oscuro.
			0.30 - 0.75 m	2	A-7-5(12)	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café con pintas blancas.
			0.75 - 1.50 m	3	A-7-5(8)	Limo arenoso, color café claro.
SM-3	1+000	B/I	0.00 – 1.50 m	1	A-7-5(18)	Limo de alta compresibilidad con grava, color Café oscuro.
SM-4	1+500	B/I	0.00 - 0.30 m	1	A-7-5(20)	Limo de alta compresibilidad con grava, color café oscuro.
			0.30 - 1.50 m	2	A-7-5(23)	Limo de alta compresibilidad con grava, color café claro con pinta amarilla
SM-5	2+000	B/D	0.00 - 1.50 m	1	A-7-5(26)	Limo de alta compresibilidad con arena, color café claro.
SM-6	2+500	L/C	0.00 - 0.20 m	1	A-7-5(27)	Limo de alta compresibilidad con grava, color café con pintas amarillas.
			0.20 - 0.80 m	2	A-7-5(24)	Limo de alta compresibilidad con arena, color café claro.
			0.80 - 1.50 m	3	A-7-5(16)	Limo de alta compresibilidad con arena, color café oscuro con pintas blancas.
SM-7	3+000	B/D	0.00 - 0.60 m	1	A-1-b	Arena Limosa con pómez, color gris claro.
			0.60 - 1.50 m	2	A-7-5(13)	Limo arenoso de alta compresibilidad, color gris oscuro.
SM-8	3+500	B/D	0.00 - 0.90 m	1	A-7-5(19)	Limo de alta compresibilidad con arena, color café oscuro con pintas amarillas.
			0.90 - 1.50	2	A-4(0)	Arena limosa con pómez, color café amarillento.
SM-9	4+000	B/I	0.00 - 0.60 m	1	A-7-5(15)	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café claro.
			0.60 - 1.50 m	2	A-6(7)	Arcilla arenosa de baja plasticidad, color café oscura con pintas blanca.
SM-10	4+500	B/D	0.00 - 1.20	1	A-5(9)	Limo con arena, color café oscuro.

			1.20 - 1.50 m	2	A-7-5(48)	Arcilla de alta plasticidad, color amarillento.
SM-11	5+100	B/I	0.00 - 0.76 m	1	A-7-5(25)	Limo de alta compresibilidad con arena, color café oscuro.
			0.76 - 1.50 m	2	A-7-5(27)	Limo de alta compresibilidad con arena, color café.
SM-12	5+500	B/I	0.00 - 0.40 m	1	A-6(3)	Arena limosa, color gris.
			0.40 - 1.50 m	2	A-1-b	Arena pobremente graduada con limo, color café claro con pintas blancas.
SM-13	6+000	B/D	0.00 - 1.50 m	1	A-7-5(29)	Arena pobremente graduada con limo, color café claro con pintas blancas.
SM-14	6+500	L/C	0.00 - 1.50 m	1	A-6(6)	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, Color café claro.
SM-15	6+750	B/I	0.00 - 1.10 m	1	A-7-5(12)	Limo Arenoso de alta compresibilidad, Color café rojizo.
			1.10 - 1.50 m	2	A-7-6(7)	Limo Arenoso, Color café rojizo.
SM-16	7+000	B/D	0.00 - 0.10 m	1	A-7-6(13)	Arcilla de baja Plasticidad con Arena, Color Violeta.
			0.10 - 0.80 m	2	A-7-5(6)	Limo Arenoso con escoria volcánica, Color café.
			0.80 - 1.50 m	3	A-7-5(9)	Limo Arenoso de alta compresibilidad, Color café amarillento.
SM-17	7+250	L/C	0.00 - 0.82 m	1	A-7-5(5)	Arena Limosa, Color café amarillento.
			0.82 - 1.50 m	2	A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava, Color café verdoso.
SM-18	7+500	B/I	0.00 - 1.50 m	1	A-7-5(18)	Limo de alta compresibilidad con arena, Color café oscuro.
SM-19	7+750	B/D	0.00 - 0.80 m	1	A-4(0)	Limo Arenoso, Color café rojizo.
			0.80 - 1.50 m	2	A-4(0)	Arena Limosa, Color Café claro.
SM-20	8+000	L/C	0.00 - 1.50 m	1	A-2-4(0)	Arena limosa, Color café claro.
SM-21	8+300	B/I	0.00 - 0.20 m	1	A-7-5(21)	Limo de alta compresibilidad, color café oscuro.
			0.20 - 1.10 m	2	A-7-5(24)	Limo de alta compresibilidad, color café.
			1.10 - 1.50 m	3	A-7-5(18)	Limo gravoso de alta compresibilidad con arena, color amarillento claro.
SM-22	8+550	L/C	0.00 - 0.40 m	1	A-6(4)	Arcilla arenosa de alta plasticidad. Color café rojizo.
			0.40 - 1.50 m	2	A-1-b	Arena limosa, Color café blancuzco.

SM-23	8+900	B/D	0.00 - 0.70 m	1	A-7-5(3)	Arena limosa, color café claro.
			0.70 - 1.50 m	2	A-2-7(2)	Arena limosa con grava, color gris claro.
SM-24	9+300	L/C	0.00 - 0.65 m	1	A-4(10)	Limo arenoso, color café.
			0.65 - 1.50 m	2	A-7-5(31)	Limo de alta compresibilidad, color café claro.
SM-25	9+750	B/D	0.00 - 1.50 m	1	A-4(0)	Arena Limosa, Color Verduzco.
SM-26	10+000	L/C	0.0 - 1.50 m	1	A-7-5(10)	Limo de Alta compresibilidad, Color café Rojizo.
SM-27	10+250	B/I	0.00 - 1.50 m	1	A-7-5(10)	Limo de Alta compresibilidad, Color chafe Rojizo.
SM-28	10+500	B/D	0.00 - 1.50 m	1	A-7-5(23)	Limo de Alta Compresibilidad con Arena, Color Café Claro.
SM-29	10+650	L/C	0.00 - 0.20 m	1	A-2-4(0)	Arena limosa, color café claro conglomerado.
			0.20 - 0.60 m	2	A-1-b	Arena limosa con grava, color verduzco
			0.60 - 1.10 m	3	A-4(0)	Arena limosa, color gris.

4.3.2.3.3 Nivel freático

No se encontró nivel freático en ninguno de los sondeos hasta las profundidades exploradas.

4.3.2.3.4 Resultados de CBR de los Sondeos de Línea.

Con los suelos antes descritos del tramo en estudio y de acuerdo con su clasificación y características similares, para realizar los ensayes de CBR se escogieron muestras representativas de los estratos superficiales y subyacentes que presentaban las condiciones más críticas para lo cual se formaron 8 grupos, a los cuales se les realizaron ensayes de Proctor y CBR al 90, 95 y 100%, cuyos resultados se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 65. Resultados de CBR de los Sondeos de Línea.

Estacion Km+m		Est. Km+m	No. CBR	Profundidad, m	Clasificación	Densidad Seca Máxima	Humedad Óptima	CBR % Saturado Compactado AL			Hinchamiento (%)		
De	A				GRUPO	kg/m³	%	90%	95%	100%	90%	95%	100%
0+000	0+000	0+000	CBR-1	0.14 - 0.90	A-7-5(13)	1245	44.50	2.7	5.3	6.1	1.8	1.5	1.3
0+000	0+500	0+500	CBR-2	0.30 - 0.75	A-7-5(12)	1378	31.90	2.5	3.6	5.1	1.5	1.3	1.1
0+500	1+000	1+000	CBR-3	0.00 - 1.50	A-7-5(18)	1271	41.00	4.8	8.6	11.1	1.9	1.7	1.3
1+000	1+500	1+500	CBR-4	0.30 - 1.50	A-7-5(23)	1280	39.90	4.4	6.3	8.6	1.3	1.2	0.7
1+500	2+000	2+000	CBR-5	0.50 - 1.50	A-7-5(26)	1280	47.00	3.8	5.1	6	1.5	1.3	1.2
2+000	2+500	2+500	CBR-6	0.20 - 0.80	A-7-5(24)	1177	43.00	3.2	6.0	8.9	2.3	1.5	1.5
2+500	3+000	3+000	CBR-7	0.60 - 1.50	A-7-5(13)	1400	30.10	6.3	12	16.5	1.2	0.9	0.7
3+000	3+500	3+500	CBR-8	0.00 - 0.90	A-7-5(19)	1251	41.00	2.5	3.8	10.1	3	2.6	2
3+500	4+000	4+000	CBR-9	0.60 - 1.50	A-6(7)	1398	24.20	1.6	6.7	10.4	3.1	2.5	2
4+000	4+500	4+500	CBR-10	0.00 - 1.20	A-5(9)	1512	27.10	1.6	2.9	3.5	0.8	0.7	0.5
4+500	5+000	5+000	CBR-11	0.76 - 1.50	A-7-5(27)	1306	22.70	2.2	3.2	7	2.1	2	1.8
5+000	5+500	5+500	CBR-12	0.40 - 1.50	A-1-b	1588	20.60	14.6	19.9	25.6	1.51	1.5	1.1
5+500	6+000	6+000	CBR-13	0.00 - 1.50	A-7-5(29)	1154	45.00	7.0	8.9	10.4	1.6	1.4	0.9
6+000	6+500	6+500	CBR-14	0.00 - 1.50	A-6(6)	1375	35.70	7.0	10.1	11.1	0.9	0.9	0.8
6+500	7+000	7+000	CBR-15	0.10 - 0.80	A-7-5(6)	1366	28.60	7.3	9.2	10.8	2.6	2.0	1.7
7+000	7+500	7+500	CBR-16	0.00 - 1.50	A-7-5(18)	1361	36.90	4.4	6.3	9.5	2.0	1.5	1.0
7+500	8+000	8+000	CBR-17	0.00 - 1.50	A-2-4(0)	1750	12.10	11.4	20.9	60.2	0.0	0.0	0.1
8+000	8+300	8+300	CBR-18	0.20 - 1.10	A-7-5(24)	1111	42.70	3.5	7.0	10.1	0.7	0.6	0.4
8+300	8+900	8+900	CBR-19	0.70 - 1.50	A-2-7(2)	1293	30.00	3.2	3.5	5.1	1.5	1.6	1.3
8+900	9+300	9+300	CBR-20	0.65 - 1.50	A-7-5(31)	1214	27.70	10.4	13.9	17.4	1.8	1.2	1.1
8+900	9+750	9+750	CBR-21	0.00 - 1.50	A-4(0)	1416	32.80	9.8	28.8	47.8	0.4	0.3	0.3
9+750	10+250	10+250	CBR-22	0.00 - 1.50	A-7-5(10)	1442	16.80	2.5	5.1	6.3	2.6	1.8	0.9
10+250	10+650	10+650	CBR-23	0.20 - 0.60	A-7-5(10)	1244	32.00	2.9	3.8	5.4	1.8	1.3	0.9

4.3.2.3.5 Sondeos de los bancos de materiales y canteras

Para la obtención de material de préstamo, se efectuó una investigación de Fuentes de Materiales o Bancos de Préstamos suficientes en cuanto a cantidad y calidad, tratando de estar lo más aproximados a la línea del Proyecto.

En dicha investigación de las fuentes de materiales se logró conocer y analizar 5 Bancos de Préstamo que se utilizan a lo largo de la línea, los cuales se incluyen en el presente Informe. Se aprovechó observar y tomar muestras de cortes y acopios existentes en el banco presentado. La ubicación de los Bancos en general se muestra en el Plano de Ubicación de Banco de Material incluido en este Informe.

Se realizaron excavaciones a cielo abierto con el objetivo de extraer material y realizar los ensayos correspondientes y así determinar para que pueden ser utilizados en la ampliación de la carretera; ya sea como material de base, subbase, relleno estructural, agregados para mezclas asfálticas y/o terracería. Las excavaciones se realizaron de manera manual utilizando palas, barras y posteadora.

Ensayos de laboratorio a realizar en muestras obtenidas de los Bancos de Préstamo.

Para determinar la calidad y uso específico de los materiales procedentes de los bancos, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio, aplicables según los Términos de Referencia.

Tabla 66. Ensayos de laboratorio para muestras de Bancos de Materiales

No.	Prueba	Ensayo o Norma ASTM o AASHTO
1	Análisis Granulométrico	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite Líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite Plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación AASHTO	ASTM D-3282 ó AASHTO M-145
5	Proctor Modificado	ASTM D-1557 ó AASHTO T-180
6	Pesos Volumétricos y Varillado	ASTM C-29 ó AASHTO T-19

4.3.2.3.6 Resultados de ensayos de los bancos de materiales y canteras

- ✓ **Banco de Materiales "La Pómez los pocitos".**

Dueño: Román Antonio García Sánchez

Coordenadas: 597377.24 m E, 1318361.77 m N

Este Banco se encuentra ubicado del empalme de Niquinohomo 3 km al norte, aproximadamente a 5 km del fin del proyecto. El acceso es bueno, es de tendencia privada y está en explotación actualmente y tiene un volumen aproximado de 345,000 m^3.

En este banco se realizaron Tres (3) pozos a cielo abierto según términos de referencia distribuidos a como se indica en plano de ubicación de bancos de materiales en anexos. El descapote promedio de 0.50 metros, por lo que se recomienda explotar este banco retirando toda la capa vegetal.

Figura 32. Banco de Materiales Pómez Los Pocitos

El material de este banco corresponde a Limo Arenoso con Pómez, Color Marrón Pálido. La cual se clasifica según AASHTO como A-4(0). Este material es no plástico contiene partículas que pasan 100% el tamiz de 3", 93% el tamiz No4 y 54% el tamiz No 200. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1690 kg/m^3 con una humedad óptima de 23.5%. El peso volumétrico seco suelto de este material es de 1222 kg/m^3 y el peso volumétrico seco compacto es de 1411 kg/m^3. Tiene un factor de abundamiento de 1.38. El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 11.40%, 38.00% y 44.30% respectivamente.

Este material puede estabilizarse con cemento en una proporción de 2 bolsas por m3 de material seco suelto, compactándose hasta alcanzar como mínimo el 95% de su Densidad Máxima determinada en la Prueba Proctor Modificado ASTM D 1557. Esta mezcla de Cemento-Material tiene una resistencia axial sin confinar de 34 Kg/cm^2 a los 7 días de edad.

Tabla 67. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Pómez - Los Pocitos.

Cata / PCA	Muestra	Profundidad	Descripción
1	1	0.00 - 1.50 m	Limo arenoso, color café claro
	2	1.50 - 2.00 m	Arena bien graduada con limo.
	3	2.00 - 2.50 m	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café claro con escoria volcánico.
	4	2.50 - 3.00 m	Arena limosa, color gris.
2	1	0.00 - 1.80 m	Limo arenoso, color café claro
	3	1.80 - 2.50 m	Arena bien graduada con limo.
	4	2.50 - 3.00 m	Arena limosa, color gris.
3	1	0.00 - 3.00 m	Arena limosa, color gris.

Debido a que el material de este Banco no tiene partículas gruesas solidas no se le realizaron los ensayes de intemperismo acelerado ni desgaste de desgastes de los ángeles.

Este Banco de Materiales puede usarse en su estado natural para Terracería, rellenos estructurales y subbase granular. Para su utilización como Sub Base y Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 68. Especificaciones del Banco de Material pómez – Los Pocitos para ser utilizado como Subbase

Tamiz		Especificación para Subbase	La Pómez - Los Pocitos	Observación
Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple
2"	50		100	
1 1/2"	37.5	80-100	100	Cumple
1"	25.0		100	
3/4"	19.0	60-85	100	No Cumple
1/2"	12.5		-	
3/8"	9.5	45-70	100	No Cumple
No. 4	2.00	20-45	93	No Cumple
No. 10	4.75		88	
No. 40	0.425	8-30	73	No Cumple
No. 200	0.075	0-15	54	No Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

Tabla 69. Especificaciones del Banco de Material Pómez – Los Pocitos para ser utilizado como base

Tamiz	Especificación para Base, Tipo C	Observación			Tamiz	Especificación para Base, Tipo D	Observación			Tamiz	Especificación para Base, Tipo E	Observación			
		Banco La Pomez - Los Pocitos					Banco La Pomez - Los Pocitos					Banco La Pomez - Los Pocitos			
Pulg.	mm					Pulg.	mm					Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100			2 1/2"	63	-	100			2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	100	Cumple		2"	50	-	100			2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	100	Cumple		1 1/2"	37.5	100	100	Cumple		1 1/2"	37.5	-	100	
1"	25.0	-	100			1"	25.0	97-100	100	Cumple		1"	25.0	100	100	Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	100	No Cumple		3/4"	19.0	-	100			3/4"	19.0	97-100	100	Cumple
3/8"	9.5	-	100			3/8"	9.5	49-77	100	No Cumple		3/8"	9.5	61-85	100	No Cumple
No. 4	4.75	-	93			No. 4	4.75	-	93			No. 4	4.75	-	93	
No. 10	2.00	27 - 53	88	No Cumple		No. 10	2.00	33-59	88	No Cumple		No. 10	2.00	40 - 66	88	No Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	73	No Cumple		No. 40	0.425	8-25	73	No Cumple		No. 40	0.425	8 - 25	73	No Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	54	No Cumple		No. 200	0.075	1 - 11	54	No Cumple		No. 200	0.075	1 - 11	54	No Cumple
limite Liquido (%)	25 Max	NP	Cumple		limite Liquido (%)	25 Max	NP	Cumple		limite Liquido (%)	25 Max	NP	Cumple			
Índice Plástico (%)	6 Max	NP	Cumple		Índice Plástico (%)	6 Max	NP	Cumple		Índice Plástico (%)	6 Max	NP	Cumple			
Clasificación AASHTO		A-1-a	-		Clasificación AASHTO		A-1-a	-		Clasificación AASHTO		A-1-a	-			

- ✓ **Banco de Materiales "Santa Teresa".**

Dueño: Jocabeth Martínez

Coordenadas: 590573.00 m E, 1305115.00 m N

Este Banco se encuentra ubicado en el municipio de Santa Teresa, de la Escuela Rubén Darío 300 m al noroeste y se localiza a aproximadamente 6km del inicio de la línea del proyecto. El acceso es bueno, es de tendencia privada y está en explotación actualmente y tiene un volumen aproximado de 500,000 m^3

En este banco se realizaron Tres (3) pozos a cielo abierto distribuidos. El descapote promedio de 1 metro, por lo que se recomienda explotar este banco retirando toda la capa vegetal.

Figura 33. Banco de Materiales Santa Teresa

El material de este banco corresponde a una Arena Limosa con grava, color gris. La cual se clasifica según AASHTO como A-1-b. Este material es no plástico contiene partículas que pasan 100% el tamiz de 3", 77% el tamiz No4 y 22% el tamiz No 200. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1643 kg/m^3 con una humedad óptima de 24%. El peso volumétrico seco suelto de este material es de 1146 kg/m^3 y el peso volumétrico seco compacto es de 1250kg/m^3. Tiene un factor de abundamiento de 1.43.

El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 22.5%, 38.00% y 52.30% respectivamente.

Este material puede estabilizarse con cemento en una proporción de 2 bolsas por metro cubico de material seco suelto, compactándose hasta alcanzar como mínimo el 95% de su Densidad Máxima determinada en la Prueba Proctor Modificado ASTM D 1557. Esta mezcla de Cemento-Material tiene una resistencia axial sin confinar de 27 Kg/cm^2 a los 7 días de edad.

Debido a que el material de este Banco no tiene partículas gruesas solidas no se le realizaron los Ensayes de Desgastes de los Ángeles ni Intemperismo Acelerado.

Este Banco de Materiales puede usarse en su estado natural para Terracería, rellenos estructurales y subbase granular. Para su utilización como Sub Base y Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 70. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Santa Teresa

UTM GWS-84	Cata o PCA	Muestra	Profundidad	Descripción
X:590449.561 Y:1305099.363	1	1 2	0.00 - 0.60 m 0.60 - 3.00 m	Arcilla gravosa de alta plasticidad, color gris Oscuro. Grava limosa con arena.
X:590459.653 Y:1305086.155	2	1 2	0.00 - 1.20 m 1.20 - 3.00 m	Arcilla gravosa de alta plasticidad, color gris Oscuro. Grava limosa con arena.
X:590539.124 Y:1305065.495	3	1	0.00 - 0.30 m	Arena limosa con grava, color gris.

Tabla 71. Especificaciones del Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como Sub-base

Tamiz	Especificación para SubBase	Banco Sta Teresa	Observación	
Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple
2"	50		100	
1 1/2"	37.5	80-100	100	Cumple
1"	25.0		100	
3/4"	19.0	60-85	99	No Cumple
1/2"	12.5		-	
3/8"	9.5	45-70	90	No Cumple
No. 4	2.00	20-45	77	No Cumple
No. 10	4.75		68	
No. 40	0.425	8-30	41	No Cumple
No. 200	0.075	0-15	22	No Cumple
limite Liquido (%)	30 Max	NP	Cumple	
Índice Plástico (%)	10 Max	NP	Cumple	
Clasificación AASHTO		A-1-b	-	

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

Tabla 72. Especificaciones del Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como base

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Banco La Pomez - Los Pocitos	Observación
Pulg.	mm			
2	63	-	100	
1/2"				
2"	50	100	100	Cumple
1	37.5	97-100	100	Cumple
1/2"				
1"	25.0	-	100	
3/4"	19.0	61 - 87	100	No Cumple
3/8"	9.5	-	100	
No. 4	4.75	-	93	
No. 10	2.00	27 - 53	88	No Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	73	No Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	54	No Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Banco La Pomez - Los Pocitos	Observación
Pulg.	mm			
2	63	-	100	
1/2"				
2"	50	-	100	
1	37.5	100	100	Cumple
1/2"				
1"	25.0	97-100	100	Cumple
3/4"	19.0	-	100	
3/8"	9.5	49-77	100	No Cumple
No. 4	4.75	-	93	
No. 10	2.00	33-59	88	No Cumple
No. 40	0.425	8-25	73	No Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	54	No Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Banco La Pomez - Los Pocitos	Observación
Pulg.	mm			
2	63	-	100	
1/2"				
2"	50	-	100	
1	37.5	-	100	
1/2"				
1"	25.0	100	100	Cumple
3/4"	19.0	97-100	100	Cumple
3/8"	9.5	61-85	100	No Cumple
No. 4	4.75	-	93	
No. 10	2.00	40 - 66	88	No Cumple
No. 40	0.425	8 - 25	73	No Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	54	No Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

- ✓ **Banco de Materiales "Cantera el Rosario".**

Dueño: Calixto de Jesús Selva Ramírez

Coordenadas: 591257.335 m E, Y=1307629.985 m N

Este Banco se encuentra ubicado en el el Km 51 Carretera Jinotepe-La paz(B/I), Arrocera San José 300 m hacia el Este. y se ubica a 5 km del inicio del tramo en estudio, El acceso es regular, es de tendencia privada y está en explotación actualmente y tiene un volumen aproximado de 360,000 m^3. En este banco se realizaron Tres (3) pozos a cielo abierto. El descapote promedio de 1 metro, por lo que se recomienda explotar este banco retirando toda la capa vegetal.

Figura 34. Banco de cantera el Rosario.

El material procedente del corte existente corresponde a una Arena con Limo y Grava bien Graduada, Color Gris. La cual se clasifica según AASHTO como A-1-b. Este material es no plástico contiene partículas que pasan 100% el tamiz de 3", 70% el tamiz No4 y 8% el tamiz No 200. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1769 kg/m^3 con una humedad óptima de 20.2%. El peso volumétrico seco suelto de este material es de 1116 kg/m^3 y el peso volumétrico seco compacto es de 1366 kg/m^3. Tiene un factor de abundamiento de 1.58.

El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 28.2%, 44.30y 56.40% respectivamente.

Este material puede estabilizarse con cemento en una proporción de 3 bolsas por metro cubico de material seco suelto, compactándose hasta alcanzar como mínimo el 95% de su Densidad Máxima determinada en la Prueba Proctor Modificado ASTM D 1557. Esta mezcla de Cemento-Material tiene una resistencia axial sin confinar de 32.0 Kg/cm^2 a los 7 días de edad.

Debido a que el material de este Banco no tiene partículas gruesas solidas no se le realizaron de intemperismo acelerado ni ensayes de desgastes de los ángeles.

Este Banco de Materiales puede usarse en su estado natural para Terracería, rellenos estructurales y subbase granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 73. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Cantera el Rosario.

UTM GWS-84	Cata/ PCA	Muestra	Profundidad	Descripción
X:591232.373 Y:1307621.323	1	1	0.00 - 1.60 m	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café oscuro.
		2	1.60 - 3.00 m	Arena pobremente graduada con limo, con pómez color blanquecina.
X:591119.989 Y:1307634.057	2	1	0.00 - 0.80 m	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café oscuro.
		2	0.80 - 3.00 m	Arena pobremente graduada con limo, con pómez color blanquecina.
X:591087.138 Y:1307664.329	3	1	0.00 - 1.60 m	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café oscuro.
		2	0.60 - 1.20 m	Limo arenoso, color café claro.
		3	1.20 - 2.50 m	Arena limosa, color café.
		4	2.50 - 3.00 m	Limo arenoso, color amarillento.

Tabla 74. Especificaciones del Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como Sub-base

Tamiz		Especificación para Subbase	Cantera El Rosario	Observación
Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple
2"	50		100	
1 1/2"	37.5	80-100	100	Cumple
1"	25.0		100	
3/4"	19.0	60-85	100	No Cumple
1/2"	12.5		-	
3/8"	9.5	45-70	90	No Cumple
No. 4	2.00	20-45	70	No Cumple
No. 10	4.75		32	
No. 40	0.425	8-30	22	Cumple
No. 200	0.075	0-15	8	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

Tabla 75. Especificaciones del Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como base

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Banco El Rosario	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Banco El Rosario	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Banco El Rosario	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	100	Cumple	1 1/2"	37.5	100	100		1 1/2"	37.5	-	100	
1"	25.0	-	100		1"	25.0	97-100	100	Cumple	1"	25.0	100	100	Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	100	No Cumple	3/4"	19.0	-	100		3/4"	19.0	97-100	100	Cumple
3/8"	9.5	-	90		3/8"	9.5	49-77	90	No Cumple	3/8"	9.5	61-85	90	No Cumple
No. 4	4.75	-	70		No. 4	4.75	-	70		No. 4	4.75	-	70	
No. 10	2.00	27 - 53	32	Cumple	No. 10	2.00	33-59	32	Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	32	No Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	22	Cumple	No. 40	0.425	8-25	22	Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	22	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	8	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	8	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	8	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

- ✓ **Banco de Materiales "Nueva Vista".**

Dueño: Francisco Adán Girón

Coordenadas: 599122.935 m E, 1309386.089 m N

Este Banco se encuentra Ubicado en el Km 7.3 Camino La Paz- Niquinohomo (B/D), 500 m hacia el Sureste**.** se ubica dentro del tramo en estudio, 500 metros al sureste. El acceso es regular, es de tendencia privada y está en explotación actualmente y tiene un volumen según información del dueño de 60,000 m^3. En este banco se realizaron Tres (3) pozos a cielo abierto. El descapote promedio de 0.50 metros, por lo que se recomienda explotar este banco retirando toda la capa vegetal.

Figura 35. Banco de Materiales Nueva Vista

El material selecto que produce este banco corresponde a una Arena Limosa con Grava, Color Gris Claro, la cual se clasifica según AASHTO como A-1-b. Este material es no plástico contiene partículas que pasan 100% el tamiz de 3", 80% el tamiz No4 y 24% el tamiz No 200. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1721 kg/m^3 con una humedad óptima de 18.7%. El peso volumétrico seco suelto de este material es de 1223 kg/m^3 y el peso volumétrico seco compacto es de 1380 kg/m^3. Tiene un factor de abundamiento de 1.40.

El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 28.5%, 45.00 y 61.80% respectivamente.

Este material puede estabilizarse con cemento en una proporción de 2 bolsas por metro cubico de material seco suelto, compactándose hasta alcanzar como mínimo el 95% de su Densidad Máxima determinada en la Prueba Proctor Modificado ASTM D 1557. Esta mezcla de Cemento-Material tiene una resistencia axial sin confinar de 30 Kg/cm^2 a los 7 días de

edad. Debido a que el material de este Banco no tiene partículas gruesas solidas no se le realizaron de intemperismo acelerado ni ensayes de desgastes de los ángeles.

Este Banco de Materiales puede usarse en su estado natural para Terracería, rellenos estructurales y subbase granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 76. Pozos a Cielo Abierto en Banco de Materiales Cantera el Rosario.

UTM GWS-84	Cata / PCA	Muestra	Profundidad	Descripción
X:599102.754 Y:1309362.719	1	1	0.00 - 0.70 m	Arena limosa, color café oscuro con pómez
		2	0.70 - 1.20 m	Limo arenoso de alta compresibilidad
		3	1.20 - 3.00 m	Arena limosa, color café claro.
X:599114.669 Y:1309378.747	2	1	0.00 - 0.40 m	Arena limosa, color café oscuro con pómez.
		2	0.40 - 1.20 m	Limo arenoso de alta compresibilidad
		3	1.20 - 2.20 m	Arena limosa, color café claro.
		4	2.20 - 3.00 m	Arena limosa, color gris.
X:599166.722 Y:1309405.384	3	1	0.00 - 3.00 m	Arena limosa, color gris.

Tabla 77. Especificaciones del Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como Sub-base

Tamiz		Especificación para subbase	Banco Nueva Vista	Observación
Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple
2"	50		100	
1 1/2"	37.5	80-100	100	Cumple
1"	25.0		100	
3/4"	19.0	60-85	100	No Cumple
1/2"	12.5		69	
3/8"	9.5	45-70	94	No Cumple
No. 4	2.00	20-45	80	No Cumple
No. 10	4.75		65	
No. 40	0.425	8-30	42	No Cumple
No. 200	0.075	0-15	24	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Indice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

Tabla 78. Especificaciones del Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como base

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Banco Nueva Vista	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Banco Nueva Vista	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Banco Nueva Vista	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	100	Cumple	1 1/2"	37.5	100	100	Cumple	1 1/2"	37.5	-	100	
1"	25.0	-	100		1"	25.0	97-100	100	Cumple	1"	25.0	100	100	Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	100	No Cumple	3/4"	19.0	-	100		3/4"	19.0	97-100	100	Cumple
3/8"	9.5	-	94		3/8"	9.5	49-77	94	No Cumple	3/8"	9.5	61-85	94	No Cumple
No. 4	4.75	-	80		No. 4	4.75	-	80		No. 4	4.75	-	80	
No. 10	2.00	27 - 53	65	No Cumple	No. 10	2.00	33-59	65	No Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	65	Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	42	No Cumple	No. 40	0.425	8-25	42	No Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	42	No Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	24	No Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	24	No Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	24	No Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

- ✓ **Banco de Materiales "San Antonio".**

Dueño: Santiago Pérez

Coordenadas: 608465.94 m E, 1312039.92 m N

Este Banco se encuentra Ubicado en el Km 55.5 Carretera Granada-Nandaime (B/I), 80 m hacia el Sur. se ubica a 15 km de dónde finaliza. El acceso es bueno, es de tendencia privada y está en explotación actualmente y tiene un volumen según información del dueño de 428,704 m^3. El tipo de material que se extrae es una grava bien graduada con Arena (Hormigón)

En este banco se realizaron Tres (3) pozos a cielo abierto. El descapote promedio de 0.50 metros, por lo que se recomienda explotar este banco retirando toda la capa vegetal.

Figura 36. Banco de Materiales San Antonio

El material Hormigón que produce este banco corresponde a una Grava bien Graduada con Arena, Color rojizo, la cual se clasifica según AASHTO como A-1-a. Este material es no plástico contiene partículas que pasan 100% el tamiz de 3", 34% el tamiz No4 y 1% el tamiz No 200. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1158 kg/m^3 con una humedad óptima de 20.3%. El peso volumétrico seco suelto de este material es de 913 kg/m^3 y el peso volumétrico seco compacto es de 1055 kg/m^3.

El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 55.2%, 66.40 y 77.30% respectivamente.

Este Banco de Materiales puede usarse en su estado natural para Terracería y rellenos estructurales y Sub Base granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 79. Especificaciones del Banco de Material San Antonio para ser utilizado como Sub-base

Tamiz		Especificación para Subbase	Banco San Antonio	Observación
Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple
2"	50		100	
1 1/2"	37.5	80-100	99	Cumple
1"	25.0		96	
3/4"	19.0	60-85	93	No Cumple
1/2"	12.5		69	
3/8"	9.5	45-70	65	Cumple
No. 4	2.00	20-45	34	Cumple
No. 10	4.75		20	
No. 40	0.425	8-30	3	No Cumple
No. 200	0.075	0-15	1	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Indice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

Tabla 80. Especificaciones del Banco de Material San Antonio para ser utilizado como base

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Banco San Antonio	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Banco San Antonio	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Banco San Antonio	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	99	Cumple	1 1/2"	37.5	100	99	No Cumple	1 1/2"	37.5	-	99	
1"	25.0	-	96		1"	25.0	97-100	96	Cumple	1"	25.0	100	96	No Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	93	No Cumple	3/4"	19.0	-	93		3/4"	19.0	97-100	93	No Cumple
3/8"	9.5	-	65		3/8"	9.5	49-77	65	Cumple	3/8"	9.5	61-85	65	Cumple
No. 4	4.75	-	34		No. 4	4.75	-	34		No. 4	4.75	-	34	
No. 10	2.00	27 - 53	20	No Cumple	No. 10	2.00	33-59	20	No Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	20	No Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	3	Cumple	No. 40	0.425	8-25	3	No Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	3	No Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	1	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	1	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	1	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6.

A continuación, se presenta las mezclas realizadas entre bancos para obtener un material que cumpla con las características granulométricas y de plasticidad:

- **Mezcla 60% Hormigón Banco San Antonio – 40% Banco Pómez, Los Pocitos**

Corresponde a una Grava Limosa con Arena, Color café claro, es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 52% el tamiz No.4 y 15% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 1042 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1116 kg/m^3 con una humedad óptima de 25.90%.

El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 46.30%, 63.90% y 80.20% respectivamente.

Este material puede estabilizarse con cemento en una proporción de 3 bolsas por metro cubico de material seco suelto, compactándose hasta alcanzar como mínimo el 95% de su Densidad Máxima determinada en la Prueba Proctor Modificado ASTM D 1557. Esta mezcla de Cemento-Material tiene una resistencia axial sin confinar de 34 Kg/cm^2 a los 7 días de edad.

La mezcla de material del banco de San Antonio 60% + Pómez, Los Pocitos 40%, se utilizará como material para terracería mejorada en ambas alternativas de pavimento, rellenos estructurales y Sub Base Granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 81. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material La Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como Sub-base

Tamiz		Especificación para Sub-Base A	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% Los pocitos	Observación	Tamiz		Especificación para Sub-Base B	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% Los pocitos	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple	2 1/2"	63		100	
2"	50	97-100	100	Cumple	2"	50	100	100	Cumple
1 1/2"	37.5		99		1 1/2"	37.5	97-100	99	Cumple
1"	25.0	65-79	97	No Cumple	1"	25.0		97	
3/4"	19.0		93		3/4"	19.0		96	
1/2"	12.5	45-59	83	No Cumple	1/2"	12.5	60-80	83	Cumple
3/8"	9.5		74		3/8"	9.5		74	
No. 4	2.00		52		No. 4	2.00		52	
No. 10	4.75	28-42	43	Cumple	No. 10	4.75	40-60	43	Cumple
No. 40	0.425	9-17	27	No Cumple	No. 40	0.425		27	
No. 200	0.075	4-8	15	No Cumple	No. 200	0.075	0-12	15	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tabla 82. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como base

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% Los pocitos	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% Los pocitos	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% Los pocitos	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2	63	-	100		2	63	-	100		2	63	-	100	
1/2"					1/2"					1/2"				
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1	37.5	97-100	99	Cumple	1	37.5	100	99	Cumple	1	37.5	-	99	
1/2"					1/2"					1/2"				
1"	25.0	-	97		1"	25.0	97-100	97	Cumple	1"	25.0	100	97	No Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	96	No Cumple	3/4"	19.0	-	96		3/4"	19.0	97-100	96	Cumple
3/8"	9.5	-	74		3/8"	9.5	49-77	74	Cumple	3/8"	9.5	61-85	74	Cumple
No. 4	4.75	-	52		No. 4	4.75	-	52		No. 4	4.75	-	52	
No. 10	2.00	27 - 53	43	Cumple	No. 10	2.00	33-59	43	Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	43	Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	27	No Cumple	No. 40	0.425	8-25	27	Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	27	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	15	No Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	15	No Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	15	No Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

- **Mezcla 70% Hormigón Banco San Antonio – 30% Banco Pómez, Los Pocitos**

Corresponde a una Grava Limosa con Arena, Color café claro, es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 48% el tamiz No.4 y 13% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 991 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1212 kg/m^3 con una humedad óptima de 22.10%.

El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 21.90%, 39.30% y 56.40% respectivamente.

La mezcla de material del banco de préstamo 70% + 30%, se utilizará como material para terracería en ambas alternativas de pavimento y relleno estructural. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 83. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como Sub-base.

Tamiz		Especificación para SubBase A	Mezcla 1 70% Banco San Antonio- 30% Los pocitos	Observación	Tamiz		Especificación para SubBase B	Mezcla 1 70% Banco San Antonio- 30% Los pocitos	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple	2 1/2"	63		100	
2"	50	97-100	100	Cumple	2"	50	100	100	Cumple
1 1/2"	37.5		98		1 1/2"	37.5	97-100	98	Cumple
1"	25.0	65-79	95	No Cumple	1"	25.0		95	
3/4"	19.0		91		3/4"	19.0		91	
1/2"	12.5	45-59	83	No Cumple	1/2"	12.5	60-80	83	No Cumple
3/8"	9.5		72		3/8"	9.5		72	
No. 4	2.00		48		No. 4	2.00		48	
No. 10	4.75	28-42	38	Cumple	No. 10	4.75	40-60	38	No Cumple
No. 40	0.425	9-17	23	No Cumple	No. 40	0.425		23	
No. 200	0.075	4-8	13	No Cumple	No. 200	0.075	0-12	13	No Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Indice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple	Indice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tabla 84. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Pómez, Los Pocitos para ser utilizado como base.

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 1 70% Banco San Antonio-30% Los pocitos	Observación
Pulg.	mm			
2	63	-	100	
1/2"				
2"	50	100	100	Cumple
1	37.5	97-100	98	Cumple
1/2"				
1"	25.0	-	95	
3/4"	19.0	61 - 87	91	No Cumple
3/8"	9.5	-	72	
No. 4	4.75	-	48	
No. 10	2.00	27 - 53	30	Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	23	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	13	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 1 70% Banco San Antonio-30% Los pocitos	Observación
Pulg.	mm			
2	63	-	100	
1/2"				
2"	50	-	100	
1	37.5	100	98	Cumple
1/2"				
1"	25.0	97-100	95	Cumple
3/4"	19.0	-	91	
3/8"	9.5	49-77	72	Cumple
No. 4	4.75	-	48	
No. 10	2.00	33-59	30	Cumple
No. 40	0.425	8-25	23	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	13	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Mezcla 1 70% Banco San Antonio-30% Los pocitos	Observación
Pulg.	mm			
2	63	-	100	
1/2"				
2"	50	-	100	
1	37.5	-	98	
1/2"				
1"	25.0	100	95	No Cumple
3/4"	19.0	97-100	91	No Cumple
3/8"	9.5	61-85	72	Cumple
No. 4	4.75	-	48	
No. 10	2.00	40 - 66	30	No Cumple
No. 40	0.425	8 - 25	23	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	13	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

- **Mezcla 60% Hormigón Banco San Antonio – 40% Banco Santa Teresa**

Corresponde a una Arena con Grava Bien Graduada, Color Gris, es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 68% el tamiz No.4 y 9% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 1165 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1416 kg/m^3 con una humedad óptima de 20.30%.

El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 28.20%, 40.20% y 46.90% respectivamente.

La mezcla de material del banco de préstamo 60% + 40%, se utilizará como material para de terracería en ambas alternativas de pavimento, rellenos estructurales y sub base granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 85. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como sub base.

Tamiz		Especificación para SubBase A	Mezcla 1 60% Banco San Antonio- 40% Santa Teresa	Observación	Tamiz		Especificación para SubBase B	Mezcla 1 60% Banco San Antonio- 40% Santa Teresa	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple	2 1/2"	63		100	
2"	50	97-100	100	Cumple	2"	50	100	100	Cumple
1 1/2"	37.5		100		1 1/2"	37.5	97-100	100	Cumple
1"	25.0	65-79	97	No Cumple	1"	25.0		97	
3/4"	19.0		95		3/4"	19.0		95	
1/2"	12.5	45-59	88	No Cumple	1/2"	12.5	60-80	88	No Cumple
3/8"	9.5		83		3/8"	9.5		83	
No. 4	2.00		63		No. 4	2.00		63	
No. 10	4.75	28-42	46	No Cumple	No. 10	4.75	40-60	46	Cumple
No. 40	0.425	9-17	20	No Cumple	No. 40	0.425		20	
No. 200	0.075	4-8	9	Cumple	No. 200	0.075	0-12	9	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Indice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tabla 86. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como base.
Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 4 60% Banco San Antonio- 40% Banco Santa Teresa	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 4 60% Banco San Antonio- 40% Banco Santa Teresa	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Mezcla 4 60% Banco San Antonio- 40% Banco Santa Teresa	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	100	Cumple	1 1/2"	37.5	100	100	Cumple	1 1/2"	37.5	-	100	
1"	25.0	-	97		1"	25.0	97-100	97	Cumple	1"	25.0	100	97	No Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	95	No Cumple	3/4"	19.0	-	95		3/4"	19.0	97-100	95	No Cumple
1/2"	12.5	-	88		1/2"	12.5	-	88		1/2"	12.5	-	88	
3/8"	9.5	-	83		3/8"	9.5	49-77	83	No Cumple	3/8"	9.5	61-85	83	Cumple
No. 4	4.75	-	63		No. 4	4.75	-	63		No. 4	4.75	-	63	
No. 10	2.00	27 - 53	46	Cumple	No. 10	2.00	33-59	46	Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	46	Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	20	Cumple	No. 40	0.425	8-25	20	Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	20	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

- **Mezcla 70% Hormigón Banco San Antonio – 30% Banco Santa Teresa**

Corresponde a una Arena con Grava Bien Graduada, Color Gris, es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 55% el tamiz No.4 y 3% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 987 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1367 kg/m^3 con una humedad óptima de 20.60%. El CBR del banco en estado natural determinado en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 28.80%, 36.70% y 56.40% respectivamente.

La mezcla de material del banco de préstamo 70% + 30%, se utilizará como material para terracería en ambas alternativas de pavimento, rellenos estructurales. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 87. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Santa Teresa para ser utilizado como sub base.

Tamiz		**Especificación para SubBase A**	**Mezcla 1 70% Banco San Antonio-30% Santa Teresa**	**Observación**	**Tamiz**		**Especificación para SubBase B**	**Mezcla 1 70% Banco San Antonio-30% Santa Teresa**	**Observación**
Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple	2 1/2"	63		100	
2"	50	97-100	100	Cumple	2"	50	100	100	Cumple
1 1/2"	37.5		98		1 1/2"	37.5	97-100	98	Cumple
1"	25.0	65-79	96	No Cumple	1"	25.0		96	
3/4"	19.0		88		3/4"	19.0		88	
1/2"	12.5	45-59	83	No Cumple	1/2"	12.5	60-80	83	No Cumple
3/8"	9.5		78		3/8"	9.5		78	
No. 4	2.00		55		No. 4	2.00		55	
No. 10	4.75	28-42	33	Cumple	No. 10	4.75	40-60	33	No Cumple
No. 40	0.425	9-17	10	Cumple	No. 40	0.425		10	
No. 200	0.075	4-8	3	Cumple	No. 200	0.075	0-12	3	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tabla 88. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Santa Te como base.

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 4 70% Banco San Antonio- 30% Banco Santa Teresa	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 4 70% Banco San Antonio- 30% Banco Santa Teresa	Observación	Tamiz		Esp par Tip
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm	
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-
2"	50	100	98	Cumple	2"	50	-	98		2"	50	-
1 1/2"	37.5	97-100	96	Cumple	1 1/2"	37.5	100	96	No Cumple	1 1/2"	37.5	-
1"	25.0	-	91		1"	25.0	97-100	91	No Cumple	1"	25.0	100
3/4"	19.0	61 - 87	88	Cumple	3/4"	19.0	-	88		3/4"	19.0	97-
3/8"	9.5	-	78		3/8"	9.5	49-77	78	Cumple	3/8"	9.5	61-
No. 4	4.75	-	55		No. 4	4.75	-	55		No. 4	4.75	-
No. 10	2.00	27 - 53	33	Cumple	No. 10	2.00	33-59	33	Cumple	No. 10	2.00	40
No. 40	0.425	6 - 23	10	Cumple	No. 40	0.425	8-25	10	Cumple	No. 40	0.425	8 -
No. 200	0.075	1 - 11	3	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	3	Cumple	No. 200	0.075	1 -
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 M
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO		

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

- **Mezcla 60% Hormigón Banco San Antonio – 40% Banco Cantera El Rosario**

Corresponde a una Grava pobremente graduada con Limo y Arena. Color Gris claro., es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 47% el tamiz No.4 y 9% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 1006 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1391 kg/m^3 con una humedad óptima de 16.6%. El CBR de la mezcla determinada en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 53.60%, 66.40% y 81.10% respectivamente.

Este material puede estabilizarse con cemento en una proporción de 2 bolsas por metro cubico de material seco suelto, compactándose hasta alcanzar como mínimo el 95% de su Densidad Máxima determinada en la Prueba Proctor Modificado ASTM D 1557. Esta mezcla de Cemento-Material tiene una resistencia axial sin confinar de 19.00 Kg/cm^2 a los 7 días de edad.

La mezcla de material del banco de préstamo 60% + 40%, se utilizará como material para terracería en ambas alternativas de pavimento, rellenos estructurales y sub base granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 89. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como sub base.

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tamiz		Especificación para Sub-base A	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% El Rosario	Observación	Tamiz		Especificación para Sub-base B	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% El Rosario	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple	2 1/2"	63		100	
2"	50	97-100	100	Cumple	2"	50	100	100	Cumple
1 1/2"	37.5		99		1 1/2"	37.5	97-100	99	Cumple
1"	25.0	65-79	95	No Cumple	1"	25.0		95	
3/4"	19.0		91		3/4"	19.0		91	
1/2"	12.5	45-59	78	No Cumple	1/2"	12.5	60-80	78	Cumple
3/8"	9.5		68		3/8"	9.5		68	
No. 4	2.00		47		No. 4	2.00		47	
No. 10	4.75	28-42	38	Cumple	No. 10	4.75	40-60	38	Cumple
No. 40	0.425	9-17	25	No Cumple	No. 40	0.425		25	
No. 200	0.075	4-8	9	Cumple	No. 200	0.075	0-12	9	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Tabla 90. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como base

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 2 60% Banco San Antonio-40% El Rosario	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 2 60% Banco San Antonio-40% El Rosario	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Mezcla 2 60% Banco San Antonio-40% El Rosario	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	99	Cumple	1 1/2"	37.5	100	99	Cumple	1 1/2"	37.5	-	99	
1"	25.0	-	95		1"	25.0	97-100	95	Cumple	1"	25.0	100	95	No Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	91	No Cumple	3/4"	19.0	-	91		3/4"	19.0	97-100	91	No Cumple
3/8"	9.5	-	68		3/8"	9.5	49-77	68	Cumple	3/8"	9.5	61-85	68	Cumple
No. 4	4.75	-	47		No. 4	4.75	-	47		No. 4	4.75	-	47	
No. 10	2.00	27 - 53	38	Cumple	No. 10	2.00	33-59	38	Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	38	Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	25	Cumple	No. 40	0.425	8-25	25	Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	25	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

- **Mezcla 70% Hormigón Banco San Antonio – 30% Banco Cantera El Rosario**

Corresponde a una Grava pobremente graduada con Limo y Arena. Color Gris oscuro, es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 34% el tamiz No.4 y 7% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 987 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1212 kg/m^3 con una humedad óptima de 19.30%.

El CBR de la mezcla determinada en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 31.70%, 38.6% y 50.0% respectivamente.

La mezcla de material del banco de préstamo 70% + 30%, se utilizará como material para terracería en ambas alternativas de pavimento, rellenos estructurales y sub base granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 91. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como sub base

Tamiz		Especificación para SubBase A	Mezcla 1	Observación	Tamiz		Especificación para SubBase B	Mezcla 1	Observación
			70% Banco San Antonio-30% El Rosario					70% Banco San Antonio-30% El Rosario	
Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple	2 1/2"	63		100	
2"	50	97-100	100	Cumple	2"	50	100	100	Cumple
1 1/2"	37.5		100		1 1/2"	37.5	97-100	100	Cumple
1"	25.0	65-79	95	No Cumple	1"	25.0		95	
3/4"	19.0		88		3/4"	19.0		88	
1/2"	12.5	45-59	70	No Cumple	1/2"	12.5	60-80	70	Cumple
3/8"	9.5		57		3/8"	9.5		57	
No. 4	2.00		34		No. 4	2.00		34	
No. 10	4.75	28-42	26	No Cumple	No. 10	4.75	40-60	26	No Cumple
No. 40	0.425	9-17	14	No Cumple	No. 40	0.425		14	
No. 200	0.075	4-8	7	Cumple	No. 200	0.075	0-12	7	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tabla 92. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Cantera el Rosario para ser utilizado como base.

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 2 70% Banco San Antonio-30% El Rosario	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 2 70% Banco San Antonio-30% El Rosario	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Mezcla 2 70% Banco San Antonio-30% El Rosario	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2	63	-	100		2	63	-	100		2	63	-	100	
1/2"					1/2"					1/2"				
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	100	Cumple	1 1/2"	37.5	100	100	Cumple	1 1/2"	37.5	-	100	
1"	25.0	-	95		1"	25.0	97-100	95	Cumple	1"	25.0	100	95	No Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	88	Cumple	3/4"	19.0	-	88		3/4"	19.0	97-100	88	No Cumple
3/8"	9.5	-	57		3/8"	9.5	49-77	57	Cumple	3/8"	9.5	61-85	57	No Cumple
No. 4	4.75	-	34		No. 4	4.75	-	34		No. 4	4.75	-	34	
No. 10	2.00	27 - 53	26	Cumple	No. 10	2.00	33-59	26	No Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	26	No Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	14	Cumple	No. 40	0.425	8-25	14	Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	14	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	7	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	7	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	7	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple	Indice Plastico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

- **Mezcla 60% Hormigón Banco San Antonio – 40% Banco Nueva Vista**

Corresponde a una Grava pobremente graduada con Limo y Arena. Color Gris claro, es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 49% el tamiz No.4 y 8% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 1073 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1470 kg/m^3 con una humedad óptima de 22.20%. El CBR de la mezcla determinada en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 21.50%, 31.70% y 36.40% respectivamente.

La mezcla de material del banco de préstamo 60% + 40%, se utilizará como material para terracería en ambas alternativas de pavimento, rellenos estructurales y sub base granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 93. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como sub base.

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tamiz		Especificación para SubBase A	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% Nueva Vista	Observación	Tamiz		Especificación para SubBase B	Mezcla 1 60% Banco San Antonio-40% El Rosario	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple	2 1/2"	63		100	
2"	50	97-100	100	Cumple	2"	50	100	100	Cumple
1 1/2"	37.5		98		1 1/2"	37.5	97-100	99	Cumple
1"	25.0	65-79	95	No Cumple	1"	25.0		95	
3/4"	19.0		91		3/4"	19.0		91	
1/2"	12.5	45-59	69	No Cumple	1/2"	12.5	60-80	78	Cumple
3/8"	9.5		72		3/8"	9.5		68	
No. 4	2.00		49		No. 4	2.00		47	
No. 10	4.75	28-42	34	Cumple	No. 10	4.75	40-60	38	Cumple
No. 40	0.425	9-17	16	Cumple	No. 40	0.425		25	
No. 200	0.075	4-8	8	Cumple	No. 200	0.075	0-12	9	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Tabla 94. Especificaciones de la Mezcla 60% Banco de Material San Antonio – 40% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como base.

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 3 60% Banco San Antonio- 40% Banco Nueva Vista	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 3 60% Banco San Antonio- 40% Banco Nueva Vista	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Mezcla 3 60% Banco San Antonio- 40% Banco Nueva Vista	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	100	Cumple	2"	50	-	100		2"	50	-	100	
1 1/2"	37.5	97-100	98	Cumple	1 1/2"	37.5	100	98	Cumple	1 1/2"	37.5	-	98	
1"	25.0	-	95		1"	25.0	97-100	95	Cumple	1"	25.0	100	95	No Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	91	No Cumple	3/4"	19.0	-	91		3/4"	19.0	97-100	91	No Cumple
3/8"	9.5	-	72		3/8"	9.5	49-77	72	Cumple	3/8"	9.5	61-85	72	Cumple
No. 4	4.75	-	49		No. 4	4.75	-	49		No. 4	4.75	-	49	
No. 10	2.00	27 - 53	34	Cumple	No. 10	2.00	33-59	34	Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	34	No Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	16	Cumple	No. 40	0.425	8-25	16	Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	16	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	8	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	8	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	8	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

- **Mezcla 70% Hormigón Banco San Antonio – 30% Banco Nueva Vista**

Corresponde a una Grava bien graduada con Limo y Arena, es un material No Plástico (NP), el cual clasifica según AASHTO como A-1-a, pasando el 48% el tamiz No.4 y 9% el tamiz No. 200. Posee un peso volumétrico seco suelto de 1034 kg/m^3. Además, posee una densidad máxima según AASHTO T-180 de 1413 kg/m^3 con una humedad óptima de 20.70% El CBR de la mezcla determinada en el laboratorio al 90, 95 y 100% de compactación, fue de 26.60%, 41.80% y 49.10% respectivamente.

Este material puede estabilizarse con cemento en una proporción de 2 bolsas por metro cubico de material seco suelto, compactándose hasta alcanzar como mínimo el 95% de su Densidad Máxima determinada en la Prueba Proctor Modificado ASTM D 1557. Esta mezcla de Cemento-Material tiene una resistencia axial sin confinar de 18 Kg/cm^2 a los 7 días de edad.

La mezcla de material del banco de préstamo 70% + 30%, se utilizará como material para terracería en ambas alternativas de pavimento, rellenos estructurales y sub base granular. Para su utilización como Base para pavimento se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla 95. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como sub base.

Tamiz		Especificación para SubBase A	Mezcla 1 70% Banco San Antonio- 30% Nueva Vista	Observación
Pulg.	mm			
2 1/2"	63	100	100	Cumple
2"	50	97-100	99	Cumple
1 1/2"	37.5		98	
1"	25.0	65-79	95	No Cumple
3/4"	19.0		92	
1/2"	12.5	45-59	80	No Cumple
3/8"	9.5		71	
No. 4	2.00		48	
No. 10	4.75	28-42	40	Cumple
No. 40	0.425	9-17	19	No Cumple
No. 200	0.075	4-8	9	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Tamiz		Especificación para SubBase B	Mezcla 1 70% Banco San Antonio- 30% Nueva Vista	Observación
Pulg.	mm			
2 1/2"	63		100	
2"	50	100	99	Cumple
1/2"	37.5	97-100	98	Cumple
1"	25.0		95	
3/4"	19.0		92	
1/2"	12.5	60-80	80	Cumple
3/8"	9.5		71	
No. 4	2.00		48	
No. 10	4.75	40-60	40	Cumple
No. 40	0.425		19	
No. 200	0.075	0-12	9	Cumple
limite Liquido (%)		30 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		10 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

Tabla 96. Especificaciones de la Mezcla 70% Banco de Material San Antonio – 30% Banco de Material Nueva Vista para ser utilizado como base.

Tamiz		Especificación para Base, Tipo C	Mezcla 3 70% Banco San Antonio- 30% Banco Nueva Vista	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo D	Mezcla 3 70% Banco San Antonio- 30% Banco Nueva Vista	Observación	Tamiz		Especificación para Base, Tipo E	Mezcla 3 70% Banco San Antonio- 30% Banco Nueva Vista	Observación
Pulg.	mm				Pulg.	mm				Pulg.	mm			
2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100		2 1/2"	63	-	100	
2"	50	100	99	Cumple	2"	50	-	99		2"	50	-	99	
1 1/2"	37.5	97-100	98	Cumple	1 1/2"	37.5	100	98	Cumple	1 1/2"	37.5	-	98	
1"	25.0	-	95		1"	25.0	97-100	95	Cumple	1"	25.0	100	95	No Cumple
3/4"	19.0	61 - 87	92	No Cumple	3/4"	19.0	-	92		3/4"	19.0	97-100	92	No Cumple
3/8"	9.5	-	71		3/8"	9.5	49-77	71	Cumple	3/8"	9.5	61-85	71	Cumple
No. 4	4.75	-	48		No. 4	4.75	-	48		No. 4	4.75	-	48	
No. 10	2.00	27 - 53	40	Cumple	No. 10	2.00	33-59	40	Cumple	No. 10	2.00	40 - 66	40	Cumple
No. 40	0.425	6 - 23	19	Cumple	No. 40	0.425	8-25	19	Cumple	No. 40	0.425	8 - 25	19	Cumple
No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple	No. 200	0.075	1 - 11	9	Cumple
limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple	limite Liquido (%)		25 Max	NP	Cumple
Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple	Índice Plástico (%)		6 Max	NP	Cumple
Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-	Clasificación AASHTO			A-1-a	-

Fuente: NIC 2019, Cuadro 1003 6

4.3.2.3.7 Sondeos Para Estructura de Obras de Drenaje

El Objetivo General de este estudio es determinar las condiciones del subsuelo en el sitio mencionado para determinar la VARIA correspondiente del mismo y el nivel de desplante de las fundaciones proyectadas.

El objetivo específico de la investigación en el sitio del Proyecto fue:

a) Conocer la estratigrafía y las características físico – mecánicas del subsuelo.

b) Determinar el nivel de desplante adecuado para la cimentación de las estructuras proyectadas

c) Determinar la capacidad de carga admisible según la alternativa de cimentación seleccionada.

d) Determinar los parámetros geotécnicos para el cálculo de las cimentaciones.

Para conseguir estos objetivos se realizaron exploraciones de campo, muestreo del sub-suelo, ensayos de laboratorio y análisis e interpretación de los resultados.

Este informe describe el trabajo realizado durante el estudio, de acuerdo a lo solicitado, los resultados de ensayos de campo y laboratorio, la descripción del subsuelo, y anexos donde se detallan los resultados obtenidos en esta investigación. A continuación, se presenta un resumen de las perforaciones realizadas con las profundidades de cada uno de los sondeos:

Tabla 97. Profundidad de Sondeos mecánicos en:

No.	Estación	Estructura	Sondeo	Profundidad (m)
1	0+320	ED-01	1	15.54
			2	15.09
2	1+847.98	ED-02	1	4.11
3	2+430.738	ED-03	1	12.80
			2	15.54
			3	15.09
3	4+405.67	ED-06	1	3.20
4	4+405.67	ED-06	1	3.20
5	4+590.982	ED-07	1	1.83
6	4+893.09	ED-08	1	1.83
7	5+486.746	ED-09	1	3.66
8	6+080.066	ED-10	1	4.11

4.3.2.3.8 Investigaciones de campo.

Para la investigación de las condiciones del sub-suelo de los sitios de estudio se han analizado un total de ocho estructuras de drenaje tipo caja puente.

Los sondeos fueron ubicados donde se proyecta la construcción de cada estribo para el diseño de los puentes y se realizó un sondeo en el centro en el caso de las Cajas proyectadas.

Los trabajos de perforaciones se efectuaron con una (1) máquina perforadora Deep Rock, una máquina SIMCO RIG MODELO 2400, ambas perforadoras con sus accesorios y personal especializado, con las cuales es posible realizar perforaciones por percusión y rotación, usando corona con diamantes. También se utilizó un equipo portátil marca ACKER AMC 2, modelo de cabrestante motorizado, provisto de un motor BRIGGS STRATON de 6.0HP, con su trípode, barrenos y demás herramientas de perforación.

Debido a la dureza de los suelos (material compacto) localizada en la mayoría de los sondeos, las perforaciones se continuaron de manera rotada de acuerdo a la norma (ASTM D2113-99) Standard Practice for Rock Core Drilling and Sampling of Rock for Site Investigation usando un muestreador doble, equipado con una broca de diamantes, con este dispositivo logramos perforar hasta la profundidad deseada.

Cada vez que se hinca 6 pulgadas el muestreador al ir avanzando la perforación, se obtienen las muestras extraídas de los sondeos las que se protegieron adecuadamente en cajas de madera separadas por un taco en el cual se indica la profundidad de dichas muestras las cuales son almacenadas para su preservación y traslado adecuado al laboratorio donde se clasificaron visualmente y al tacto por de acuerdo a la normativa ASTM D 2488-00 (“Practice for description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure”), una vez trasladadas las muestras tomadas en el campo al laboratorio, se procedió a seleccionar los materiales similares, obteniéndose de esta manera muestras típicas para su clasificación definitiva a las que se le efectuaron las pruebas necesarias para su identificación definitiva de acuerdo al método de Clasificación ASTM D 2487-00 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).

También se tomaron muestras del sub-suelo, protegidas en bolsas plásticas selladas las que se rotularon con el número del sondeo y la profundidad a la cual fue tomada la muestra, las que luego fueron llevadas al laboratorio para la obtención del contenido de humedad natural.

Toda esta información fue anotada en un formato especial, en el cual se señala el nombre del proyecto, el sitio de perforación, las profundidades y el número de golpes empleados para hincar el muestreador 6 pulgadas y la clase de suelo extraída a criterio del Ingeniero encargado de la perforación: el color, el grado de humedad, dureza, etc.

Para el trabajo Geotécnico de Cimentación se conformaron dos brigadas de campo compuestas de la siguiente manera:

Ingeniero Supervisor	1
Chofer	1
Perforador	1
Ayudantes	4

4.3.2.3.9 Ensayos de laboratorio

Para clasificar y determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tipos de suelos presentes en el sitio en estudio se ejecutaron diferentes ensayos de laboratorio de suelos sobre las muestras recuperadas en cada estrato del sub-suelo, dichas muestras se sometieron a los siguientes tipos y procedimientos de ensayos de laboratorio:

Tabla 98. Normativas para Ensayos de Laboratorio

No.	Prueba	Ensayo o Norma ASTM o AASHTO
1	Análisis Granulométrico	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite Líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite Plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación SUCS	ASTM D 2487
5	Pesos Volumétricos	ASTM C-29
6	Humedad Natural	ASTM D-2216

Con los resultados obtenidos de los dos primeros tipos de ensayos, se clasificaron los suelos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) ASTM D 2487 – 00.

4.3.2.3.10 Resultados de ensayos sobre las estructuras tipo Cajas Puentes.

En cada uno de los sondeos realizados en este sitio el sub suelo está conformado por suelos según clasificación SUCS tipo MHSM correspondientes a limos arenosos de alta compresibilidad y arenas limosas.

- **Sondeo SPT-1, ED-01**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 55 a 57%, y un índice de plasticidad de 18 a 20%. Sus partículas pasan entre el 93 a 99% el tamiz No. 4 y entre 78 a 85% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** van desde estratos no plástico hasta un límite liquido de 44% y un índice de plasticidad de 14%. Sus partículas pasan entre el 87 a 95% el tamiz No. 4 y entre el 26 a 48% el tamiz No. 200.

El estrato limo arenoso **(ML)** no poseen plasticidad. Sus partículas pasan el 100% el tamiz No. 4 y 69% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-2, ED-01**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 56 a 63%, y un índice de plasticidad de 19 a 27%. Sus partículas pasan el 93% el tamiz No. 4 y 77% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** no posee plasticidad. Sus partículas pasan entre el 78 a 81% el tamiz No. 4 y entre el 24 a 28% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-1, ED-02**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 52 a 55%, y un índice de plasticidad de 12 a 19%. Sus partículas pasan entre 94 a 95% el tamiz No. 4 y entre 55 a 61% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** no poseen plasticidad. Sus partículas pasan el 80% el tamiz No. 4 y 20% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-1, ED-03**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 57 a 62%, y un índice de plasticidad de 18 a 21%. Sus partículas pasan el 100% el tamiz No. 4 y entre 84 a 94% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** no poseen plasticidad. Sus partículas pasan el 90% el tamiz No. 4 y 23% el tamiz No. 200.

El estrato limo arenoso **(ML)** no poseen plasticidad. Sus partículas pasan entre el 83 a 98% el tamiz No. 4 y entre 54 a 69% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-2, ED-03**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 69%, y un índice de plasticidad de 29%. Sus partículas pasan el 91% el tamiz No. 4 y 86% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** no poseen plasticidad. Sus partículas pasan entre el 76 a 86% el tamiz No. 4 y entre el 21 a 42% el tamiz No. 200.

El estrato limo arenoso **(ML)** no poseen plasticidad. Sus partículas pasan entre el 76 a 86% el tamiz No. 4 y entre 21 a 42% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-3, ED-03**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 51 a 83%, y un índice de plasticidad de 12 a 24%. Sus partículas pasan el 100% el tamiz No. 4 y entre 76 a 89% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** poseen un límite líquido del 54%, y un índice de plasticidad de 20%. Sus partículas pasan el 99% el tamiz No. 4 y 48% el tamiz No. 200.

El estrato limo arenoso **(ML)** poseen un límite líquido del 44%, y un índice de plasticidad de 9%. Sus partículas pasan entre el 98 a 100% el tamiz No. 4 y entre 68 a 69% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-1, ED-06**

El estrato de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 59%, y un índice de plasticidad de 21%. Sus partículas pasan el 96% el tamiz No. 4 y 72% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** no poseen plasticidad. Sus partículas pasan el 97% el tamiz No. 4 y 33% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-1, ED-07**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido de 57%, y un índice de plasticidad de 13 a 19%. Sus partículas pasan entre 94 a 95% el tamiz No. 4 y entre 64 a 83% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-1, ED-08**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido de 52 a 64%, y un índice de plasticidad de 16 a 20%. Sus partículas pasan entre 91 a 95% el tamiz No. 4 y entre 57 a 82% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-1, ED-09**

Los estratos de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 59 a 62%, y un índice de plasticidad de 20 a 22%. Sus partículas pasan entre el 95% el tamiz No. 4 y entre 58 a 68% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** poseen 48% de limite líquido y 9% de índice de plasticidad. Sus partículas pasan el 85% el tamiz No. 4 y 31% el tamiz No. 200.

- **Sondeo SPT-1, ED-10**

El estrato de limo de alta compresibilidad **(MH)** poseen un límite líquido del 54 a 56%, y un índice de plasticidad de 16 a 21%. Sus partículas pasan entre el 94 a 95% el tamiz No. 4 y entre 52 a 64% el tamiz No. 200.

El estrato de arena limosa **(SM)** posee el 46% de limite líquido y 9% de índice de plasticidad. Sus partículas pasan el 94% el tamiz No. 4 y 35% el tamiz No. 200.

Tabla 99. Estratigrafía de Sondeo de Penetración Estándar en Caja Puente y Puente.

Estructura	Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Granulometría, % que pasa		Límites de Atterberg		SUCS	Descripcion
				No 4	No 200	LL (%)	IP (%)		
ED-01	1	1	0.00 - 0.91 m	93	78	55	18	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café oscuro.
		2	0.91 - 1.83 m	98	85	57	20	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café claro con talpetate, color gris.
		3	1.83 - 2.29 m	84	48	44	14	SM	Arena limosa, color gris.
		-	2.29 - 3.20 m			ROTADO		-	Limo arenoso, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		4	3.20 - 3.66 m	74	26	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	3.66 - 4.57 m			ROTADO			Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		5	4.57 - 5.03 m	74	26	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	5.03 - 5.94 m			ROTADO		-	Arena, color gris. (MUESTA LAVADA).
		6	5.94 - 6.40 m	74	26	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	6.40 - 7.77 m			ROTADO		-	Arena, Color gris. (MUESTRA LAVADA)
		7	7.77 - 8.23 m	74	26	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	8.23 - 9.14 m			ROTADO		-	Arena, color gris claro. (MUESTRA LAVADA)
		8	9.14 - 9.60 m	74	26	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	9.60 - 10.52 m			ROTADO		-	Arena, color gris claro. (MUESTRA LAVADA)
		9	10.52 - 10.97 m	74	26	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	10.97 - 12.34 m			ROTADO		-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		10	12.34 - 12.80 m	74	26	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	12.80 - 13.72 m			ROTADO			Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		11	13.72 - 14.17 m	99	69	NP	NP	ML	Limo arenoso, color gris.
		-	14.17 - 15.09 m			ROTADO		-	Limo arenoso compacto, color gris. (MUESTRA LAVADA).
		12	15.09 - 15.54 m	99	69	NP	NP	ML	Limo arenoso, color gris.
ED-01	2	1	0.00 - 1.37 m	92	77	63	27	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color cafe oscuro.
		2	1.37 - 3.20 m	91	71	56	19	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color cafe claro con talpetate, color gris.
		3	3.20 - 3.66 m	66	28	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris.
		-	3.66 - 4.57 m		ROTADO			-	Arena, color gris con pintas cafe. (MUESTRA LAVADA)
		4	4.57 - 5.03 m	66	28	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris.
		-	5.03 - 5.94 m		ROTADO			-	Arena, color gris. (MUESTRA LAVADA)
		5	5.94 - 6.40 m	69	24	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	6.40 - 7.77 m		ROTADO			-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		6	7.77 - 8.23 m	69	24	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	8.23 - 9.14 m		ROTADO			-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		7	9.14 - 9.60 m	69	24	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	9.60 - 10.52 m		ROTADO			-	Arena, Color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)

		8	10.52 - 10.97 m	69	24	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	10.97 - 12.34 m		ROTADO			-	Arena, color gris claro. (MUESTRA LAVADA)
		9	12.34 - 12.80 m	69	24	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	12.80 -13.72 m		ROTADO			-	Arena, color gris claro. (MUESTRA LAVADA)
		10	12.80 - 14.17 m	69	24	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	14.17 - 15.09 m		ROTADO			-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		1	0.00 - 1.37 m	95	55	52	19	MH	Limo de alta compresibilidad, color café oscuro con talpetate.
ED-02	1	2	1.37 - 1.83 m	80	20	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris claro.
		3	1.83 - 4.11 m	94	61	55	12	MH	Limo de alta compresibilidad, color café claro.
		1	0.00 - 0.91 m	100	86	57	21	MH	Limo de alta compresibilidad, color café oscuro.
		2	0.91 - 1.83 m	99	94	62	18	MH	Limo de alta compresibilidad, color café claro.
		3	1.83 - 2.29 m	77	59	NP	NP	ML	Limo arenoso con grava, color gris oscuro.
		4	2.29 - 2.74 m	91	64	NP	NP	ML	Limo arenoso, color gris.
ED-03	1	5	2.74 - 3.20 m	68	23	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		6	3.20 - 3.66 m	96	84	59	18	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café claro.
		-	3.66 - 4.57 m	ROTADO				-	Arena limosa, color gris. (MUESTRA LAVADA)
		7	4.57 - 5.03 m	96	84	59	18	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café claro.
		-	5.49 - 5.94 m		ROTADO			-	Arena, color gris. (MUESTRA LAVADA).
		8	5.94 - 6.40 m	68	23	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	6.40 - 7.32 m	ROTADO				-	Arena limosa, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		9	7.32 - 7.77 m	68	23	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	7.77 - 9.14 m	ROTADO				-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
ED-03	1	10	9.14 - 9.60 m	68	23	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	9.60 - 10.52		ROTADO			-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		11	10.52 - 10.97 m	68	23	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		-	10.97 - 12.34 m	ROTADO				-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		12	12.34 - 12.80 m	68	23	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris oscuro.
		1	0.00 - 1.83 m	99	86	69	29	MH	Limo de alta compresibilidad, color café oscuro con talpetate color gris.
		2	1.83 - 2.29 m	80	50	NP	NP	ML	Limo arenoso, color café claro con pintas gris.
		3	2.29 - 2.74 m	74	42	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris.
		4	2.74 - 3.20 m	80	50	NP	NP	ML	Limo arenoso, color café claro con pintas gris.
ED-03	2	5	3.20 - 4.11 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	4.11 - 4.57 m	ROTADO				-	Arena, color gris claro. (MUESTRA LAVADA)
		6	4.57 - 5.49 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	5.49 - 6.40 m	ROTADO				-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		7	6.40 - 6.86 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
ED-03	2	-	6.86 - 7.32 m	ROTADO					Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		7	7.32 - 8.23 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.

		-	8.23 - 9.14 m	ROTADO					Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		8	9.14 - 10.06 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	10.06 - 10.52 m	ROTADO				-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		8	10.52 - 10.97 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	10.97 - 12.34 m	ROTADO				-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		9	12.34 - 12.80 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	12.80 - 13.72 m	ROTADO				-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		10	13.72 - 14.17 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
		-	14.17 - 15.09 m	ROTADO				-	Arena, color gris oscuro. (MUESTRA LAVADA)
		11	15.09 - 15.54 m	65	21	NP	NP	SM	Arena limosa con grava, color gris oscuro.
ED-03	3	1	0.00 - 3.20 m	99	79	51	19	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café oscuro.
		2	3.20 - 3.66 m	93	69	NP	NP	ML	Limo arenoso, color café con pintas gris.
		3	3.66 - 4.11 m	86	48	54	20	SM	Arena limosa, color café con pintas gris.
		4	4.11 - 4.57 m	99	81	83	24	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café claro.
		5	4.57 - 5.49 m	99	68	44	9	ML	Limo arenoso, color café oscuro.
		-	5.49 - 6.40 m	ROTADO				-	Limo arenoso, color café claro. (MUESTRA LAVADA)
		6	6.40 - 6.86 m	99	81	83	24	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café claro.
		7	6.86 - 8.69 m	100	89	63	12	MH	Limo de alta compresibilidad, color amarillento.
		-	8.69 - 9.60 m	ROTADO				-	Limo arenoso, color café (MUESTRA LAVADA)
		8	9.60 - 11.43 m	98	76	59	12	MH	Limo arenoso de alta compresibilidad con arena, color café claro.
		9	11.43 - 12.34 m	99	68	44	9	ML	Limo arenoso, color café oscuro.
		10	12.34 - 13.72 m	99	83	60	13	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café.
		11	13.72 - 15.09 m	99	68	44	9	ML	Limo arenoso, color café oscuro.
ED-06	1	1	0.00 - 1.37 m	96	72	59	21	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color cafe oscuro con talpetate.
		2	1.37 - 3.20 m	97	33	NP	NP	SM	Arena limosa, color gris con pintas blanquecinas.
ED-07	1	1	0.00 - 0.91 m	94	83	57	19	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café oscuro.
		2	0.91 - 1.83 m	95	64	57	13	MH	Limo arenoso de alta compresibilidad, color gris con pintas café.
ED-08	1	1	0.00 - 0.91 m	91	82	64	20	MH	Limo de alta compresibilidad con arena, color café con talpetate.
		2	0.91 - 1.83 m	95	57	52	16	MH	Limo arenoso de alta compresibilidad, color gris claro.
ED-09	1	1	0.00 - 0.91 m	95	68	59	20	MH	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café con talpetate.
		2	0.91 - 2.74 m	95	58	62	22	MH	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café claro con talpetate.
		3	2.74 - 3.66 m	85	31	48	9	SM	Arena limosa con grava, color gris con pintas café.
ED-10	1	1	0.00 - 2.29 m	94	64	56	21	MH	Limo arenoso de alta compresibilidad, color café claro.
		2	2.29 - 3.20 m	94	35	46	9	SM	Arena limosa, color gris claro.
		3	3.20 - 4.11 m	95	52	54	16	MH	Limo arenoso de alta compresibilidad, color gris claro con talpetate.

4.3.2.3.11 Resistencia a la penetración estándar (SPT) en Estructura de Caja Puente

De acuerdo a los sondeos realizados se permite conocer su Resistencia a la Penetración Estándar (SPT) de los suelos existentes en el sitio del Proyecto, A continuación, se describe cada uno de los sondeos:

- **Sondeo SPT-1, ED-01**

Este sondeo de 0.00 a 0.91 metros presenta una resistencia a la penetración de 22 a 27 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. De 0.91 a 2.29, desde 3.20 a 3.66, desde 4.57 a 5.03, desde 5.94 a 6.40, desde 7.77 a 8.23, desde 9.14 a 9.60, desde 10.52 a 10.97, desde 12.34 a 12.80, desde 13.72 a 14.17 y desde 15.09 a 15.54 metros los suelos presentan una resistencia a la penetración **N>50 golpes** por pie lo que se considera un suelo de compacidad muy densa. Debido a la dureza de los materiales encontrado la perforación se continuo de manera rotada mediante el método ASTM D 2113 desde 2.29 a 3.20 metros, desde 3.66 a 4.57 metros, desde 5.03 a 5.94 metros, desde 6.40 a 7.77 metros, desde 8.23 a 9.14 metros, desde 9.60 a 10.52 metros, 10.97 a 12.34 metros, desde 12.80 a 13.72 y desde 14.17 a 15.09 metros.

- **Sondeo SPT-2, ED-01**

Este sondeo de 0.00 a 0.91 metros presenta una resistencia a la penetración de 14 a 18 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. De 0.91 a 3.66 metros presentan una resistencia a la penetración de 33 a 100 golpes por pie por lo que se considera un suelo de compacidad densa a muy densa, desde 4.57 a 5.03, desde 5.94 a 6.40, desde 7.77 a 8.23, desde 9.14 a 9.60, desde 10.52 a 10.97, desde 12.34 a 12.80 y desde 13.72 a 14.17 metros los suelos presentan una resistencia a la penetración **N>50 golpes** por pie lo que se considera un suelo de compacidad muy densa. Debido a la dureza de los materiales encontrado la perforación se continuo de manera rotada mediante el método ASTM D 2113 desde 3.66 a 4.57 metros, desde 5.03 a 5.94 metros, desde 6.40 a 7.77 metros, desde 8.23 a 9.14 metros, desde 9.60 a 10.52 metros, desde 10.97 a 12.34 metros, 12.80 a 13.72 metros, desde 14.17 a 15.09 y desde 14.17 metros.

- **Sondeo SPT-1, ED-02**

Este sondeo de 0.00 a 0.46 metros presenta una resistencia a la penetración de 6 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad floja. De 0.46 a 2.29 metros presenta una

resistencia a la penetración de 14 a 25 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. De 2.29 a 4.11 metros presenta una resistencia a la penetración de 38 a 72 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad densa a muy densa.

- **Sondeo SPT-1, ED-03**

Este sondeo de 0.00 a 3.66 metros presenta una resistencia a la penetración de 16 a 100 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media a muy densa. Desde 4.57 a 5.03, desde 5.94 a 6.40, desde 7.32 a 7.77, desde 9.14 a 9.60, desde 10.52 a 10.97, desde 12.34 a 12.80 metros los suelos presentan una resistencia a la penetración **N>50 golpes** por pie lo que se considera un suelo de compacidad muy densa. Debido a la dureza de los materiales encontrado la perforación se realizó de manera rotada mediante el método ASTM D 2113 desde 3.66 a 4.57 metros, desde 5.03 a 5.94 metros, desde 6.40 a 7.32 metros, desde 7.77 a 9.14 metros, desde 9.60 a 10.52 metros, desde 10.97 a 12.34 metros.

- **Sondeo SPT-2, ED-03**

Este sondeo de 0.00 a 4.11 metros presenta una resistencia a la penetración desde 10 a 98 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media a muy densa. Desde 4.57 a 5.49, desde 6.40 a 6.86, desde 7.32 a 8.23, desde 9.14 a 10.06, desde 10.52 a 10.97, desde 12.34 a 12.80, desde 13.72 a 14.17 y desde 15.09 a 15.54 metros los suelos presentan una resistencia a la penetración **N>50 golpes** por pie lo que se considera un suelo de compacidad muy densa. Debido a la dureza de los materiales encontrado la perforación se realizó de manera rotada mediante el método ASTM D 2113 desde 4.11 a 4.57 metros, desde 5.94 a 6.80 metros, desde 6.86 a 7.32 metros, desde 8.23 a 9.14 metros, desde 10.06 a 10.52 metros, desde 10.97 a 12.34, desde 12.80 a 13.72 y desde 14.17 a 15.09 metros.

- **Sondeo SPT-3, ED-03**

Este sondeo de 0.00 a 2.74 metros presenta una resistencia a la penetración desde 12 a 26 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. Desde 2.74 a 5.49 metros los suelos presentan una resistencia a la penetración de 33 a 100 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad muy densa. Debido a la dureza de los materiales encontrado la perforación se realizó de manera rotada mediante el método ASTM D 2113 desde 5.94 a 6.40 metros y desde 8.69 a 9.14 metros de profundidad. Desde 6.40 a 8.69 metros los suelos presentan una resistencia a la penetración de 20 a 100 golpes por pie por lo

que se considera un suelo de compacidad media a muy densa. Desde 9.14 a 15.09 metros los suelos presentan una resistencia a la penetración de 22 a 100 golpes por pie por lo que se considera un suelo de compacidad media a muy densa.

- **Sondeo SPT-1, ED-06**

Este sondeo de 0.00 a 1.37 metros presenta una resistencia a la penetración de 14 a 26 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. De 1.37a 3.20 metros presenta una resistencia a la penetración de 36 a 83 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad densa a muy densa.

- **Sondeo SPT-1, ED-07**

Este sondeo de 0.00 a 0.91 metros presenta una resistencia a la penetración de 12 a 19 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. De 0.91 a 1.83 metros presenta una resistencia a la penetración de 50 a 100 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad densa.

- **Sondeo SPT-1, ED-08**

Este sondeo de 0.00 a 0.91 metros presenta una resistencia a la penetración de 11 a 21 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. De 0.91 a 1.83 metros presenta una resistencia a la penetración de 61 a 100 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad densa.

- **Sondeo SPT-1, ED-09**

Este sondeo de 0.00 a 0.91 metros presenta una resistencia a la penetración de 13 a 18 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media. De 0.91 a 3.66 metros presenta una resistencia a la penetración de 30 a 100 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad media a muy densa.

- **Sondeo SPT-1, ED-10**

Este sondeo de 0.00 a 0.91 metros presenta una resistencia a la penetración de 5 a 13 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad floja a media. De 0.91 a 3.20 metros presenta una resistencia a la penetración de 12 a 26 golpes por pie lo que se considera un

suelo de compacidad media. De 3.20 a 4.11 metros presenta una resistencia a la penetración de 33 a 76 golpes por pie lo que se considera un suelo de compacidad densa a muy densa.

Las tablas, presentan los parámetros de las consideraciones geotécnicas descritas anteriormente en los diferentes registros de perforación para el establecimiento de las propiedades mecánicas de los diferentes estratos encontrados en cada perforación en mención.

Tabla 100. Consistencia de los suelos cohesivos

N	En arcillas		Angulo de fricción interna	E
(golpes/pie)	**qu, (kg/cm²)**	**Descripción**	**Ø en grados**	**kg/cm²**
< 2	< 0.25	Muy Blanda	0	3
2 – 4	0.25 – 0.50	Blanda	0 – 2	30
4 – 8	0.50 – 1.00	Media	2 – 4	45 – 90
8 – 15	1.00 – 2.00	Compacta	4 – 6	90 – 200
15 – 30	2.00 – 4.00	Muy Compacta	6 – 12	> 200
> 30	> 4.00	Dura	> 14	

Nota: q_u: Esfuerzo de ruptura en la prueba de compresión axial no confinada.

Fuente: Crespo Villalaz Mecánica de Suelos y cimentaciones 6ta edición, pag.175

Tabla 101. Compacidad de los suelos granulares.

Ncorr	En arenas		Angulo de fricción interna	E
(golpes/pie)	**Descripción**	**Compacidad Relativa**	**Ø en grados**	**kg/cm²**
0 – 4	Muy floja	0 – 15%	28	100
5 – 10	Floja	16 – 35%	28 – 30	100 – 250
11 – 30	Media	36 – 65%	30 – 36	250 – 500
31 – 50	Densa	66 – 85%	36 – 41	500 – 1000
> 50	Muy densa	86 – 100%	> 41	> 1000

Fuente: Crespo Villalaz Mecánica de Suelos y cimentaciones 6ta edición, pag.175

Para arenas la correlación es muy confiable y pueden definirse una serie de parámetros de diseño basado en el valor de N, para el caso de arcillas, la correlación solo da una idea de la densidad natural, pero para los fines de este estudio, donde lo que interesa es tener idea de la capacidad de carga natural del suelo, se considera el SPT muy informativo.

4.3.2.3.12 Nivel freático y humedad natural

No se encontró o detectó la presencia de flujos de agua subterránea o el nivel de aguas freáticas dentro del área investigada (Estos valores fueron tomados en el mes de mayo, 2024). La Humedad Natural existente en el subsuelo, en general es variable. A continuación, se presentan los valores Mínimos y Máximos:

Tabla 102. Contenido de Humedad Natural y Nivel Freático de sondeos SPT

Estructura de Drenaje	Sondeo No.	Wmín (%)	Wmáx (%)	Nivel Freático (m)
ED-01	SPT-1	4.00	25.9	No se encontró
	SPT-2	13.80	23.50	No se encontró
ED-02	SPT-1	22.40	46.50	No se encontró
ED-06	SPT-1	20.20	31.80	No se encontró
ED-03	SPT-1	12.40	25.10	No se encontró
	SPT-2	8.00	25.30	No se encontró
	SPT-3	21.5	36.30	No se encontró
ED-07	SPT-1	29.40	31.70	No se encontró
ED-08	SPT-1	12.70	32.80	No se encontró
ED-09	SPT-1	26.40	41.60	No se encontró
ED-10	SPT-1	21.10	29.80	No se encontró

La determinación de la humedad natural fue elaborada de acuerdo a lo establecido en la ASTM D 2216.

Parámetros para análisis de socavación en obras de drenaje de caja puente.

Con el fin de proporcionar parámetros para el análisis de socavación, en los puentes estudiados, se presentan en este Informe el D50 al D95 de cada estrato de suelo obtenido de cada Sondeo hecho en el sitio del Puente. El D50 es el diámetro de suelo por el cual pasa el 50% de las partículas de ese suelo (Diámetro medio), y el D95 es el diámetro de suelo por el cual pasa el 95% de las partículas de ese suelo, parámetros físicos necesario para la determinación de la socavación en el lecho del Río. **Queda a criterio del especialista Hidráulico el uso de los diámetros de las partículas.** (Ver. Parámetros para análisis de Socavación en Puente).

Tabla 103. Diámetro de las Partículas de obras de drenaje de caja puente

Estructura	Sondeo	Profundidad	Muestra	Diámetros de las partículas								SUCS
				D30	D40	D50	D60	D80	D85	D90	D95	
		0.00 - 0.91 m	1					0.1387	0.2041	0.3721	6.0274	MH
		0.91 - 1.83 m	2						0.0805	0.2120	0.6173	MH
		1.83 - 2.29 m	3			0.1160	0.2947	1.4602	2.1255	3.1463	4.9225	SM
		2.29 - 3.20 m	-				ROTADO					-
		3.20 - 3.66 m	4	0.1954	0.4441	0.6433	0.9551	3.0090	4.2135	5.6819	7.4585	SM
		3.66 - 4.57 m	-				ROTADO					-
		4.57 - 5.03 m	5	0.1954	0.4441	0.6433	0.9551	3.0090	4.2135	5.6819	7.4585	SM
		5.03 - 5.94 m	-				ROTADO					-
		5.94 - 6.40 m	6	0.1954	0.4441	0.6433	0.9551	3.0090	4.2135	5.6819	7.4585	SM
		6.40 - 7.77 m	-				ROTADO					-
ED-01	SPT-1	7.77 - 8.23 m	7	0.1954	0.4441	0.6433	0.9551	3.0090	4.2135	5.6819	7.4585	SM
		8.23 - 9.14 m	-				ROTADO					-
		9.14 - 9.60 m	8	0.1954	0.4441	0.6433	0.9551	3.0090	4.2135	5.6819	7.4585	SM
		9.60 - 10.52 m	-				ROTADO					-
		10.52 - 10.97 m	9	0.1954	0.4441	0.6433	0.9551	3.0090	4.2135	5.6819	7.4585	SM
		10.97 - 12.34 m	-				ROTADO					-
		12.34 - 12.80 m	10	0.1954	0.4441	0.6433	0.9551	3.0090	4.2135	5.6819	7.4585	SM
		12.80 - 13.72 m	-				ROTADO					-
		13.72 - 14.17 m	11					0.2961	0.4324	0.6383	1.0554	ML
		14.17 - 15.09 m	-				ROTADO					-
		15.09 - 15.54 m	12					0.2961	0.4324	0.6383	1.0554	ML
		0.00 - 1.37 m	1					0.1555	0.2878	0.6684	5.9417	MH
		1.37 - 3.20 m	2					0.2704	0.6476	1.6387	5.6860	MH
		3.20 - 3.66 m	3	0.1156	0.2847	0.6579	1.3499	5.3985	6.7272	8.5897	19.2109	SM
		3.66 - 4.57 m	-				ROTADO					-
		4.57 - 5.03 m	4	0.1156	0.2847	0.6579	1.3499	5.3985	6.7272	8.5897	19.2109	SM
		5.03 - 5.94 m	-				ROTADO					-
ED-01	SPT-2	5.94 - 6.40 m	5	0.1675	0.3506	0.7000	1.2385	4.5487	5.6276	6.6371	7.9352	SM
		6.40 - 7.77 m	-				ROTADO					-
		7.77 - 8.23 m	6	0.1675	0.3506	0.7000	1.2385	4.5487	5.6276	6.6371	7.9352	SM
		8.23 - 9.14 m	-				ROTADO					-
		9.14 - 9.60 m	7	0.1675	0.3506	0.7000	1.2385	4.5487	5.6276	6.6371	7.9352	SM
		9.60 - 10.52 m	-				ROTADO					-
		10.52 - 10.97 m	8	0.1675	0.3506	0.7000	1.2385	4.5487	5.6276	6.6371	7.9352	SM

		10.97 - 12.34 m	-				ROTADO					-
		12.34 - 12.80 m	9	0.1675	0.3506	0.7000	1.2385	4.5487	5.6276	6.6371	7.9352	SM
		12.80 -13.72 m	-				ROTADO					-
		12.80 - 14.17 m	10	0.1675	0.3506	0.7000	1.2385	4.5487	5.6276	6.6371	7.9352	SM
		14.17 - 15.09 m	-				ROTADO					-
		0.00 - 1.37 m	1				0.1405	0.5629	0.8855	1.7528	4.8498	MH
ED-02	SPT-1	1.37 - 1.83 m	2	0.2151	0.4937	0.9016	1.5052	4.6553	5.8442	7.1887	10.7038	SM
		1.83 - 4.11 m	3					0.3282	0.5223	0.9383	5.5790	MH
		0.00 - 0.91 m	1							0.2019	0.3754	MH
		0.91 - 1.83 m	2								0.1360	MH
		1.83 - 2.29 m	3				0.1132	3.5154	5.3404	6.5864	8.1274	ML
		2.29 - 2.74 m	4					0.7209	1.1491	1.7536	2.9406	ML
		2.74 - 3.20 m	5	0.1973	0.3641	0.7124	1.3221	3.1960	3.8583	4.8768	7.2387	SM
		3.20 - 3.66 m	6						0.1616	0.4200	1.6315	MH
		3.66 - 4.57 m	-					ROTADO				-
		4.57 - 5.03 m	7						0.1616	0.4200	1.6315	MH
		5.49 - 5.94 m	-					ROTADO				-
ED-03	SPT-1	5.94 - 6.40 m	8	0.1973	0.3641	0.7124	1.3221	3.1960	3.8583	4.8768	7.2387	SM
		6.40 - 7.32 m	-					ROTADO				-
		7.32 - 7.77 m	9	0.1973	0.3641	0.7124	1.3221	3.1960	3.8583	4.8768	7.2387	SM
		7.77 - 9.14 m	-					ROTADO				-
		9.14 - 9.60 m	10	0.1973	0.3641	0.7124	1.3221	3.1960	3.8583	4.8768	7.2387	SM
		9.60 - 10.52	-					ROTADO				-
		10.52 - 10.97 m	11	0.1973	0.3641	0.7124	1.3221	3.1960	3.8583	4.8768	7.2387	SM
		10.97 - 12.34 m	-					ROTADO				-
		12.34 - 12.80 m	12	0.1973	0.3641	0.7124	1.3221	3.1960	3.8583	4.8768	7.2387	SM
		0.00 - 3.20 m	1					0.1340	0.2277	0.3418	0.5753	MH
		3.20 - 3.66 m	2					0.3485	0.7068	1.3339	2.6218	ML
		3.66 - 4.11 m	3			0.1412	0.3683	1.4078	1.8681	2.5204	3.4245	SM
		4.11 - 4.57 m	4						0.2019	0.3684	0.7082	MH
		4.57 - 5.49 m	5					0.3634	0.5141	0.7197	1.1489	ML
		5.49 - 6.40 m	-					ROTADO				-
ED-03	SPT-2	6.40 - 6.86 m	6						0.2019	0.3684	0.7082	MH
		6.86 - 8.69 m	7							0.1064	0.3535	MH
		8.69 - 9.60 m	-					ROTADO				-
		9.60 - 11.43 m	8					0.1654	0.2442	0.4519	1.0343	MH
		11.43 - 12.34 m	9					0.3634	0.5141	0.7197	1.1489	ML
		12.34 - 13.72 m	10						0.1516	0.2904	0.6928	MH
		13.72 - 15.09 m	11					0.3634	0.5141	0.7197	1.1489	ML

		0.00 - 1.83 m	1							0.2329	0.5728	MH
		1.83 - 2.29 m	2				0.2957	1.9652	2.9568	4.4244	6.1397	ML
		2.29 - 2.74 m	3			0.2302	0.6581	3.1822	4.5529	5.7422	6.9040	SM
		2.74 - 3.20 m	4				0.2957	1.9652	2.9568	4.4244	6.1397	ML
		3.20 - 4.11 m	5	0.4373	1.0351	2.0198	3.6697	9.8785	11.8117	13.9503	16.7459	SM
		4.11 - 4.57 m	-				ROTADO					-
		4.57 - 5.49 m	6	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
		5.49 - 6.40 m	-				ROTADO					-
		6.40 - 6.86 m	7	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
		6.86 - 7.32 m	-				ROTADO					-
ED-03	SPT-3	7.32 - 8.23 m	7	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
		8.23 - 9.14 m	-				ROTADO					-
		9.14 - 10.06 m	8	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
		10.06 - 10.52 m	-				ROTADO					-
		10.52 - 10.97 m	8	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
		10.97 - 12.34 m	-				ROTADO					-
		12.34 - 12.80 m	9	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
		12.80 - 13.72 m	-				ROTADO					-
		13.72 - 14.17 m	10	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
		14.17 - 15.09 m	-				ROTADO					-
		15.09 - 15.54 m	11	0.2683	0.5850	0.9418	1.5372	5.6174	6.6527	7.9035	10.1643	SM
ED-06	SPT-1	0.00 - 1.37 m	1					0.2278	0.4912	1.1878	4.0890	MH
		1.37 - 3.20 m	2		0.1561	0.3100	0.6019	1.6200	2.1030	2.8050	3.9259	SM
ED-07	SPT-1	0.00 - 0.91 m	1						0.1134	0.2602	5.8020	MH
		0.91 - 1.83 m	2					0.5824	1.2491	2.5100	4.6572	MH
ED-08	SPT-1	0.00 - 0.91 m	1						0.1678	0.7767	6.6070	MH
		0.91 - 1.83 m	2				0.1170	0.8092	1.3342	2.3611	4.9733	MH
ED-09	SPT-1	0.00 - 0.91 m	1					0.2325	0.3725	0.7399	4.9761	MH
		0.91 - 2.74 m	2				0.0906	0.4348	0.8652	2.0514	4.4267	MH
		2.74 - 3.66 m	3		0.2027	0.5167	1.0533	3.5574	4.7893	6.2910	8.4289	SM
ED-10	SPT-1	0.00 - 2.29 m	1					0.4966	0.8591	1.8091	5.5696	MH
		2.29 - 3.20 m	2		0.1484	0.3404	0.6783	2.0488	2.6951	3.5762	5.0595	SM
		3.20 - 4.11 m	3				0.1542	0.8439	1.4011	2.5091	4.9738	MH

NOTA: Los ensayos de laboratorio como: Calidad de la roca (RQD), densidad y absorción y resistencia a la compresión, no se realizaron debido a que no se encontró manto rocoso a las profundidades exploradas.

4.3.3 Definición de los Espesores Estructurales del Pavimento

El presente capítulo tiene como finalidad definir los espesores estructurales del pavimento en el área de influencia del proyecto, a partir del análisis integrado del tránsito de diseño y de las propiedades geotécnicas de la subrasante, de conformidad con la normativa técnica vigente. Para ello, se consideran los resultados de la caracterización del flujo vehicular, expresado en términos de tránsito promedio diario anual y cargas equivalentes a ejes sencillos de 18,000 libras, así como los parámetros geotécnicos obtenidos de los estudios de campo y laboratorio, principalmente el CBR de diseño. Estos insumos permiten establecer las condiciones reales de servicio a las que estará sometida la estructura del pavimento durante su período de diseño.

Finalmente, se presentan alternativas de diseño, acompañadas de una evaluación técnica y económica, que permiten seleccionar la solución más conveniente para el proyecto, considerando las condiciones locales del suelo, el nivel de tránsito proyectado y los criterios de eficiencia y sostenibilidad.

4.3.3.1 Cálculo del factor de daño para carga equivalente a eje sencillo de 18,000 libras

4.3.3.1.1 Factores de equivalencia de carga

- **Pavimento Flexible**

La cuantificación del factor de daño para carga equivalente a eje sencillo de 18,000 libras, se determina, para cada tipo de vehículo, en función del tipo de eje y magnitud de la carga que sobre cada eje sea aplicada, excluyendo las motos. A partir de las cifras indicadas en la Guía de Diseño AASHTO con SN de 5.0 y PF de 2.0, se obtienen los valores que se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 104. Factor de Daño por Carga Equivalente Pavimento Flexible.

Tipo de Vehículo	Factor Daño (SN=5, PF=2,0)	Tipo de Vehículo		Factor Daño (SN=5, PF=2,0)
Liviano	0.003	T3-S1		2.91
C2	2,49	T3-S2		2,66
C3	1,57	T3-S3		2,08
C4	0,82			
T2-S1	3,17	C2-R2	a	1,70
			b	2,36
T2-S2	2,91	C3-R2	a	1,49
			b	2,15
T2-S3	2,34	C3-R3	a	1,70
			b	2,03

- **Pavimento Rígido**

La cuantificación del factor de daño para carga equivalente a eje sencillo de 18000 libras, se determina, para cada tipo de vehículo, en función del tipo de eje y magnitud de la carga que sobre cada eje sea aplicada, excluyendo las motos. A partir de las cifras indicadas en la Guía de Diseño AASHTO con espesor de losa de 8 pulgadas y PF de 2.0, se obtienen los valores de "factores de equivalencia "y que se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 105. Factor de Daño por Carga Equivalente Pavimento Rígido.

100% CARGADOS					
Tipo de vehículo	**Peso por eje (TON-MET)**	**Peso por eje (KIPS)**	**Tipo de Eje**	**Factor ESAL**	**Factor Camión**
Autos/Camionetas/Jeep	0.91	2.00	Simple	0.000134	0.000268
	0.91	2.00	Simple	0.000134	
Mini Bus	2.00	4.40	Simple	0.003497	0.038725
	3.50	7.70	Simple	0.035228	
Bus	5.00	11.00	Simple	0.153571	2.838482
	10.00	22.00	Simple Doble	2.684912	
C2 Liviano	3.20	7.04	Simple	0.024335	0.449797
	6.40	14.08	Simple Doble	0.425462	
C2	5.00	11.00	Simple	0.153571	2.838482
	10.00	22.00	Simple Doble	2.684912	
C3	5.00	11.00	Simple	0.153571	2.775083
	16.50	36.30	Doble	2.621513	
T2S2	5.00	11.00	Simple	0.153571	4.185562
	9.00	19.80	Simple	1.737992	
	16.00	35.20	Doble	2.294000	
T3S2	5.00	11.00	Simple	0.153571	4.741571
	16.00	35.20	Doble	2.294000	
	16.00	35.20	Doble	2.294000	
C2-R2	4.50	9.90	Simple	0.099409	2.744563
	9.00	19.80	Simple	1.737992	
	6.50	14.30	Simple	0.453581	
	6.50	14.30	Simple	0.453581	
C3-R2	5.00	11.00	Simple	0.153571	3.354733
	16.00	35.20	Doble	2.294000	
	6.50	14.30	Simple	0.453581	
	6.50	14.30	Simple	0.453581	

4.3.3.2 Tipo de Tráfico

El número de vehículos, para el tramo, por tipo, por día y para cada año del período de diseño incluido en el "Estudio de Tráfico", con el fin de discriminar más en detalle la composición del tránsito en cuanto a los tipos de camiones y de vehículos articulados. Esta discriminación es requerida para poder luego estimar de una manera más precisa los "efectos daño" de cada tipo de vehículo sobre el pavimento. Los resultados del estudio de tráfico, teniendo en cuenta el tráfico atraído, se muestran a continuación:

Figura 37. Resumen del Estudio de Trafico

	VEHÍCULOS LIVIANOS				/EHÍCULOS DE PASAJEROS					VEHÍCULOS DE CARGA													
AÑO	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	TxSx≤3 TxSx≤4	TxSx≥5	TxSx≥6	CxRx≤ 4 CxRx≥ 5	TxRx≥5	TxRx≥6	Camiones o veh 7-8 ejes	VA	VC	Otros	Total
2023	475	145	75	141	17	18	7	30	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**916**
2024	492	150	78	147	17	18	8	31	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**950**
2025	511	156	80	152	18	19	8	32	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**984**
2026	530	161	83	157	18	19	8	33	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,020**
2027	550	167	86	163	19	20	8	35	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,057**
2028	572	174	90	169	19	20	8	36	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,098**
2029	595	180	93	176	20	21	9	37	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,141**
2030	618	187	97	183	20	21	9	39	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,186**
2031	643	195	100	190	21	22	9	40	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,232**
2032	669	202	104	197	21	22	9	42	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,280**
2033	698	211	109	206	22	23	10	43	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,333**
2034	727	219	113	214	22	24	10	45	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,389**
2035	759	228	118	223	23	24	10	47	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,446**
2036	791	238	123	232	24	25	11	49	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,507**
2037	825	248	128	242	24	26	11	51	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,569**
2038	862	259	134	253	25	27	11	53	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,639**
2039	901	270	139	264	26	27	12	55	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,711**
2040	942	282	146	276	27	28	12	58	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,787**
2041	985	295	152	288	27	29	12	60	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,866**
2042	1,030	308	159	300	28	30	13	63	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,948**
2043	1,079	322	166	315	29	31	13	66	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2,040**
2044	1,131	337	174	329	30	32	14	69	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2,135**
2045	1,185	353	182	345	31	33	14	72	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2,235**
2046	1,242	370	191	361	32	34	14	75	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2,340**
2047	1,302	387	200	378	33	35	15	78	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2,449**

4.3.3.3 Cálculo de TPDA

El tipo de tráfico a considerar para la estimación de los ejes de daño, es el TPDA hasta el año 20 sin incluir motos, resultando la tabla siguiente:

Figura 38. Cálculo del TPDA

AÑO	VEHÍCULOS LIVIANOS				VEHÍCULOS DE PASAJEROS						VEHÍCULOS DE CARGA											Total
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	TxSx≤3 TxSx≤4	TxSx≥5	TxSx≥6	CxRx≤ 4 CxRx≥ 5	TxRx≥5	TxRx≥6	Camiones o veh 7-8 ejes	VA	VC	Otros	
2028		174	90	169	19	20	8	36	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**526**
2029		180	93	176	20	21	9	37	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**546**
2030		187	97	183	20	21	9	39	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**567**
2031		195	100	190	21	22	9	40	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**589**
2032		202	104	197	21	22	9	42	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**611**
2033		211	109	206	22	23	10	43	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**636**
2034		219	113	214	22	24	10	45	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**661**
2035		228	118	223	23	24	10	47	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**688**
2036		238	123	232	24	25	11	49	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**716**
2037		248	128	242	24	26	11	51	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**745**
2038		259	134	253	25	27	11	53	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**777**
2039		270	139	264	26	27	12	55	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**810**
2040		282	146	276	27	28	12	58	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**845**
2041		295	152	288	27	29	12	60	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**881**
2042		308	159	300	28	30	13	63	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**919**
2043		322	166	315	29	31	13	66	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**961**
2044		337	174	329	30	32	14	69	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,004**
2045		353	182	345	31	33	14	72	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,050**
2046		370	191	361	32	34	14	75	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,098**
2047		387	200	378	33	35	15	78	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,148**

4.3.3.4 Aspectos Generales del Tráfico Vehicular a Utilizar

El tráfico para utilizar en la estimación de las cargas de diseño (ejes de daño) es el obtenido en el Estudio de Tráfico, considerando que el mejoramiento de la vía se efectúe en el año 2023 y que a partir del año 2028 entre en operación.

4.3.3.5 Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

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

Figura 39. Transito Promedio Anual (TPDA)

	VEHÍCULOS LIVIANOS				VEHÍCULOS DE PASAJEROS						VEHÍCULOS DE CARGA											
AÑO	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	TxSx≤3 TxSx≤4	TxSx≥5	TxSx≥6	CxRx≤ 4 CxRx≥ 5	TxRx≥5	TxRx≥6	Camiones o veh 7-8 ejes	VA	VC	Otros	Total
2023	475	145	75	141	17	18	7	30	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**916**
2024	492	150	78	147	17	18	8	31	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**950**
2025	511	156	80	152	18	19	8	32	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**984**
2026	530	161	83	157	18	19	8	33	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,020**
2027	550	167	86	163	19	20	8	35	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,057**
2028		174	90	169	19	20	8	36	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**526**
2029		180	93	176	20	21	9	37	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**546**
2030		187	97	183	20	21	9	39	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**567**
2031		195	100	190	21	22	9	40	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**589**
2032		202	104	197	21	22	9	42	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**611**
2033		211	109	206	22	23	10	43	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**636**
2034		219	113	214	22	24	10	45	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**661**
2035		228	118	223	23	24	10	47	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**688**
2036		238	123	232	24	25	11	49	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**716**
2037		248	128	242	24	26	11	51	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**745**
2038		259	134	253	25	27	11	53	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**777**
2039		270	139	264	26	27	12	55	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**810**
2040		282	146	276	27	28	12	58	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**845**
2041		295	152	288	27	29	12	60	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**881**
2042		308	159	300	28	30	13	63	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**919**
2043		322	166	315	29	31	13	66	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**961**
2044		337	174	329	30	32	14	69	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,004**
2045		353	182	345	31	33	14	72	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,050**
2046		370	191	361	32	34	14	75	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,098**
2047		387	200	378	33	35	15	78	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1,148**

4.3.3.6 Ejes equivalentes acumulados en el período de diseño (Wt18)

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

4.3.3.6.1 Pavimento Flexible

Tabla 106. Pavimento Flexible a 10 años

	Veh. Liv.	Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					
		MicBus	Mbus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	TxSx<=5	C-R=>4	
Vehiculos			285							
Totales	7,724	234		108	1,148	196	13	-	-	9,708
Fe	0.003	0.8469	0.8469	2.4910	1.4946	2.4910	1.57	2.6598	2.3567	
Fds	0.51									
Dias Año					365.00					
Fuc					1.0					
A					1.0					
Ree|			44,933							
	4,313	36,892		50,080	319,397	90,885	3,793	-	-	
REEtotal Flexible					550,293					

Tabla 107. Pavimento Flexible a 15 años

	Veh. Liv.	Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					
		MicBus	Mbus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	TxSx<=5	C-R=>4	
Vehiculos	12,971									
Totales		377	460	175	2,052	340	23	-	-	16,398
Fe	0.003	0.8469	0.8469	2.4910	1.4946	2.4910	1.57	2.6598	2.3567	
Fds					0.51					
Dias Año					365.00					
Fuc					1.0					
A					1.0					
Ree	7,244									
		59,437	72,523	81,148	570,908	157,658	6,710	-	-	
Reetotal flexible					955,627					

Tabla 108. Pavimento Flexible a 20 años

	Veh. Liv.	Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					
		MicBus	Mbus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	TxSx<=5	C-R=>4	
Vehiculos totales	19,538	542	663	254	3,263	526	37	-	-	24,823
Fe	0.003	0.8469	0.8469	2.4910	1.4946	2.4910	1.57	2.6598	2.3567	
Fds					0.51					
Dias año					365.00					
Fuc					1.0					
A					1.0					
Ree	10,911									
		85,451	104,527	117,780	907,833	243,906	10,795	-	-	
Reetotal FLEXIBLE					**1,481,203**					

4.3.3.6.2 Pavimento Rígido

Tabla 109. Pavimento Rígido a 10 años

	Veh. Liv.	Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					
		MicBus	Mbus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	TxSx<=5	C-R=>4	
Vehiculos totales	7,724	234	285	108	1,148	196	13	-	-	9,708
Fe	0.0030	0.8515	0.9651	2.8385	1.7031	2.8385	2.78	4.7416	2.7446	
Fds					0.51					
Dias año					365.00					
Fuc					1.0					
A					1.0					
Ree	4,313	37,093	51,200	57,065	363,951	103,563	6,716	-	-	
Reetotal RIGIDO					**623,901**					

Tabla 110. Pavimento Rígido a 15 años

	Veh. Liv.	Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					
		MicBus	Mbus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	TxSx<=5	C-R=>4	
Vehiculos totales	12,971	377	460	175	2,052	340	23	-	-	16,398
Fe	0.0030	0.8515	0.9651	2.8385	1.7031	2.8385	2.78	4.7416	2.7446	
Fds					0.51					
Dias año					365.00					
Fuc					1.0					
A					1.0					
Ree	7,244	59,760	82,639	92,467	650,546	179,650	11,881	-	-	
Reetotal RIGIDO					**1,084,188**					

Tabla 111. Pavimento Rígido a 20 años

	Veh. Liv.	Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					
		MicBus	Mbus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	TxSx<=5	C-R=>4	
Vehiculos totales	**19,538**	**542**	**663**	**254**	**3,263**	**526**	**37**	**-**	**-**	**24,823**
Fe	**0.0030**	**0.8515**	**0.9651**	**2.8385**	**1.7031**	**2.8385**	**2.78**	**4.7416**	**2.7446**	
Fds					**0.51**					
Dias año					**365.00**					
Fuc					**1.0**					
A					**1.0**					
Ree	**10,911**	**85,915**	**119,108**	**134,209**	**1,034,469**	**277,930**	**19,114**	**-**	**-**	
Reetotal RIGIDO					**1,681,656**					

En las tablas anteriores se han empleado los siguientes valores:

a) factor de distribución por sentido (fds) = 0.51, obtenido del estudio de tráfico. Revisar el estudio de tráfico.

b) factor de utilización de carril (fuc) = 1.00, ya que, por ser la vía de un carril por sentido, todos los vehículos que van en un sentido circulan obligatoriamente por ese carril.

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

d) Tasa de crecimiento inmersa en la vida útil, al acumular todos los tipos de vehículos que circularan en el periodo de la vida útil.

4.3.3.7 CBR de diseño

La información de caracterización geotécnica de muestras tomadas a lo largo de la línea permite conocer los valores de CBR para cada una de las diferentes estaciones que fueron muestreadas. Para la selección del CBR de diseño, se escogieron los valores de CBR al 95% de la Densidad Máxima Seca (DMS) del Proctor Modificado (AASHTO T-180).

4.3.3.7.1 Correlación con los Tipos de Suelos

Existen varios procedimientos y tablas que han sido desarrollados para estimar el Módulo Resiliente (Mr.) de la subrasante para diferentes clasificaciones de suelos. También estas tablas relacionan otras medidas típicas con el módulo Resiliente, Por ejemplo, el valor del CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO), se puede convertir a módulo resiliente de la subrasante. La AASHTO, en la Guía de Diseño establece la correlación del CBR con el Mr, esto es:

- Para suelos finos: MR (psi) = 1500xCBR .....CBR < 7.2%
- Para suelos granulares: MR (psi) = 4326xlnCBR + 241.....CBR > 20%
- Para suelos con CBR de 7.2 a 20%: MR (psi) = 3000x(CBR)^0.65 .....7.2 < CBR < 20%.

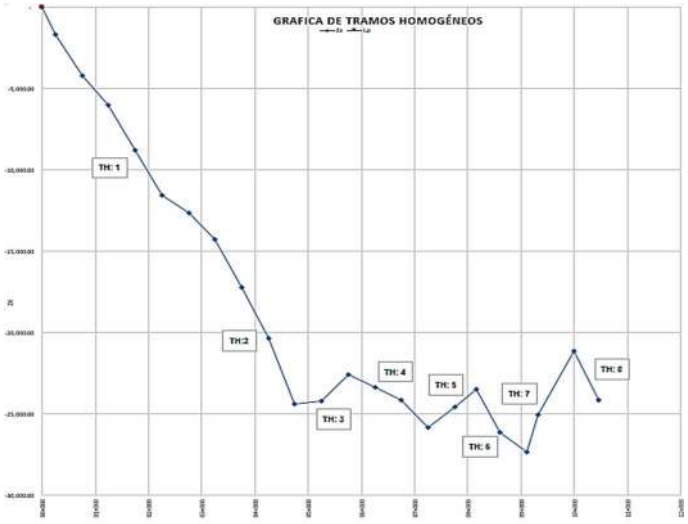
4.3.3.7.2 Resumen de Resultados de Ensayos CBR de Muestras de Sondeos en Línea

Tabla 112. Resultado de CBR de Muestra de Sondeos de Línea.

CBR No.	CBR (%)	CBR PROM %	SECCION
CBR-1	5.3	5.82	**Secciones más criticas**
CBR-2	3.6		
CBR-3	8.6		
CBR-4	6.3		
CBR-5	5.1		
CBR-6	6.0		
CBR-7	12	12.0	
CBR-8	3.8	4.15	**Secciones más criticas**
CBR-9	6.7		
CBR-10	2.9		
CBR-11	3.2		
CBR-12	19.9	19.9	
CBR-13	8.9	8.63	
CBR-14	10.1		
CBR-15	9.2		
CBR-16	6.3		
CBR-17	20.9	20.9	
CBR-18	7.0	5.25	**Secciones más criticas**
CBR-19	3.5		
CBR-20	13.9	13.9	
CBR-21	28.8	28.8	
CBR-23	3.8		

Gráficamente:

Figura 40. Secciones Homogéneas



4.3.3.7.3 Resumen para CBR de Diseño

Conforme los resultados anteriores, se establece el CBR de diseño en el valor del 4.00%, la sección más crítica y estableciendo la correlación correspondiente para suelos finos: MR (psi) = 1500xCBR.....CBR < 7.2%, se obtiene:

Tabla 113. Resumen para CBR de Diseño

Unidad de Diseño	Estaciones	CBR sub-rasante (%)	MR sub-rasante (psi)
1	0+000 a 10+650	4.00%	6,000.00 psi

4.3.3.7.4 Conclusiones sobre el tráfico utilizado por la estructura

Al final del período de diseño en el año 2047 (20 años), el Tránsito Promedio Diario Anual será de 1,652 vpd, incluyendo las motos. El Camión pesado de mayor circulación por el camino es el C2.

4.3.3.8 Métodos de cálculo para el diseño de espesores de pavimento

4.3.3.8.1 Generalidades

El proceso de diseño de pavimentos aquí desarrollado tiene por objetivo cumplir con lo establecido en los términos de referencia en cuanto a vida útil, evaluar tres alternativas de pavimentos y cada alternativa por dos métodos de diseño de pavimentos, además se incorporan otros aspectos complementarios al cálculo, que definen de una manera más integral el problema, a fin de poder efectuar una recomendación válida y aceptable.

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

Pavimento Rígido (Pavimento de Concreto): El Método Versión de 1998 del procedimiento desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para el Diseño de Estructuras de Pavimento y el Método de Diseño Español MOPU-Secciones de Pavimento.

Pavimento de Adoquín: Método Argentino y el Método Versión de 1993 del procedimiento desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para el Diseño de Estructuras de Pavimento.

Pavimento de Mezcla Asfáltica (Pavimento Flexible): El Método Versión de 1993 del procedimiento desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Oficial (AASHTO) para el Diseño de Estructuras de Pavimento y el Método de Diseño Español MOPU-Secciones de Pavimento.

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

4.3.3.8.2 Procedimiento de Cálculo para el Diseño de Espesores de Pavimento para cada método.

Se desarrollan la metodología de diseño de los tres métodos por cada periodo de análisis, esto es 10, 15 y 20 años, para las tres alternativas: pavimento rígido (pavimento de concreto), adoquín y mezcla asfáltica (pavimento flexible), se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología recomendada para el diseño estructural de los componentes del pavimento y se determina la combinación de tipos de materiales y espesores de capas más ajustadas a las condiciones de diseño, esto a continuación:

4.3.3.8.3 Diseño de Pavimento Rígido (Pavimento de Concreto)

4.3.3.8.3.1 Método AASHTO 1998

- **Método de Diseño**

El Método de Diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Administradores de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés [4]), en su versión de 1998, y el cálculo de espesores se lleva a cabo mediante la utilización de AASHTO Supplement Work sheet de la Suplement to the AASHTO Guide For Design of Pavement Structures, 1998; cuyos lineamientos originales fueron desarrollas bajo el proyecto No 1-30 de la National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), y verificados basándose

[4] American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)

en los resultados del estudio: Validation of Guidelines for k-Value Selection and Concrete Pavement Performance Prediction, Publication Nº FHWA-RD-96-198, (January 1997). El cálculo se realiza para 10, 15 y 20 años.

- **Estimación de Las Cargas De Diseño.**

Las cargas de diseño han sido determinadas en función de los resultados del "Estudio de Tráfico" como parte de la información requerida para el Proyecto Integral de Apertura de esta carretera y su cálculo se explica en el Epígrafe **7.14** y en resumen es:

Tabla 114. Resumen de ESAL por Periodo

Periodo (años)	Ejes equivalentes	
	Flexible	**Rígido**
10	550,293	623,901
15	955,627	1,084,188
20	1,481,203	1,681,656

- **Variación permisible en la Servi capacidad (∆PSI)**

El Método AASHTO-93 recomienda asignar a la Servi capacidad inicial (Po) un valor de 4.5[5], en el caso de pavimentos rígidos y por las características de la vía en estudio la final (Pt) es de 2.50, lo que resulta en una variación permisible en la servi capacidad igual a 1.70.

- **Confiabilidad en el diseño (R) y desviación estándar del sistema de pavimentos (So)**

El Método AASHTO-93 presenta, para el valor (R) la Tabla 2.2[6], que se transcribe a continuación como tabla:

Tabla 115. Valores de Confiabilidad recomendados por la AASHTO

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

Se empleará un valor de 80%.

[5]American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Guide for Design of Pavement Structures, Versión 1993: Capítulo II, página II-10.
[6] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Guide for Design of Pavement Structures, Versión 1993: Capítulo II, página II-9. Tabla 2.2.

El valor de la "desviación estándar-**s_0**", por otra parte, sugerido por el propio Método AASHTO-93[7] es de **0.35** para el caso de diseño de un nuevo pavimento rígido; este valor será, en consecuencia, empleado en la solución de la ecuación de diseño de la AASHTO para el caso del pavimento de concreto hidráulico.

- **Calidad del material de fundación (MR)**

En la guía suplementaria para los **pavimentos rígidos** 98, el valor de k corresponde a la subrasante; no incluye la sub-base de la estructura de pavimento. La sub-base es considerada en este método como una capa estructural del pavimento. De igual manera en el Suplemento a la Guía AASHTO 98, incluye la Figura 41, denominada Relación Aproximada de Rango de Valores entre el valor del CBR y el valor de k y se muestra a continuación:

Figura 41. Relación Aproximada de Rango de Valores entre el Valor de CBR y Valor de K.

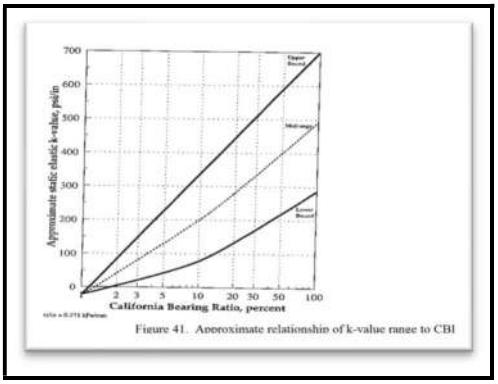


Figure 41. Approximate relationship of k-value range to CBI

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

Tabla 116. Valores del Material de Fundación

Unidad de Diseño	CBR (%)	K (PSI/PLG)
1	**4**	**100**

- **Propiedades Climáticas para Pavimento Rígido**

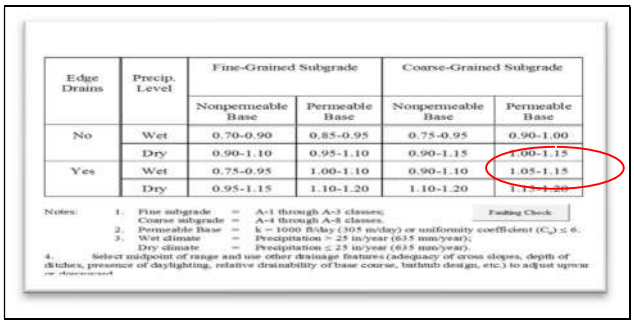
Según INETER, en la Zona la velocidad del viento corresponde a **12.48 mph**, con una temperatura promedio media anual de **87.9 ºF** y una precipitación media anual de **2.0 pulgadas**.

[7]Ibidem: Páginas II-9 y II-10.

- **Selección de Coeficiente de Drenaje**

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

Figura 42. Coeficientes de Drenaje, Cd, recomendados.



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

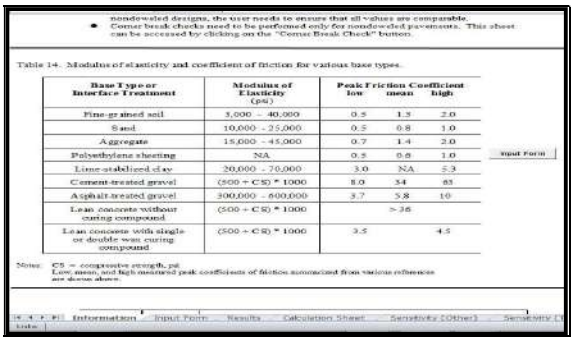
Notes:
1. Fine subgrade = A-1 through A-3 classes; Coarse subgrade = A-4 through A-8 classes.
2. Permeable Base = k = 1000 ft/day (305 m/day) or uniformity coefficient (C_u) ≤ 6.
3. Wet climate = Precipitation > 25 in/year (635 mm/year); Dry climate = Precipitation ≤ 25 in/year (635 mm/year).
4. Select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

- **Características Estructurales Para Pavimento Rígido**

❖ **Factor de Fricción de la Base Triturada Estabilizada con Cemento**

El factor de fricción (F) representa la resistencia de fricción entre la parte inferior de las losas de concreto y la superficie superior de la base o subrasante. Guía Suplementaria AASHTO 98 para el Diseño de Pavimentos Rígidos, se considerará para el presente análisis el valor de 8, el valor más bajo.

Figura 43. Coeficiente de fricción para diferentes tipos de bases



nondoweled designs, the user needs to ensure that all values are comparable. Corner break checks need to be performed only for nondoweled pavements. This sheet can be accessed by clicking on the "Corner Break Check" button.

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

Base Type or Interface Treatment	Modulus of Elasticity (psi)	Peak Friction Coefficient low	mean	high
Fine-grained soil	3,000 - 40,000	0.5	1.5	2.0
Sand	10,000 - 25,000	0.5	0.8	1.0
Aggregate	15,000 - 45,000	0.7	1.4	2.0
Polyethylene sheeting	NA	0.5	0.6	1.0
Lime-stabilized clay	20,000 - 70,000	3.0	NA	5.3
Cement-treated gravel	(500 + CS) * 1000	8.0	34	85
Asphalt-treated gravel	300,000 - 600,000	3.7	5.8	10
Lean concrete without curing compound	(500 + CS) * 1000		> 36	
Lean concrete with single or double wax curing compound	(500 + CS) * 1000	3.5		4.5

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

Input Form

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

❖ **Transferencia de Carga**

Se estableció que la transferencia de carga será a través de la trabazón de agregados, es decir sin dovelas. También la guía suplementaria considera diversas condiciones de soporte lateral, se asumió la condición sin soporte lateral.

❖ **Módulo de Ruptura del Concreto (Mr)**

El valor que se utilizará corresponde a la resistencia a la flexión del Concreto y deberá ser el valor medio obtenido a los 28 días utilizando una viga simple con carga en los tercios del claro según AASHTO T97 / ASTM C78. Para el caso del proyecto, se usará un módulo de ruptura igual a 45 **kg/cm2 (640 PSI).**

- **Módulo de Elasticidad del Concreto, (Ec)**

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

$$\text{Ec} = 6{,}750(\text{Mr})\text{psi}$$

Donde:

Ec = Modulo de Elasticidad de Concreto (en psi) y Mr. = Modulo de rotura del concreto.

$$\text{Ec} = 6{,}750 \text{ x } 640\text{psi} = 4{,}320{,}000.00$$

Valor a utilizar en la solución del sistema.

- **Módulo de Elasticidad de Material Granular Estabilizado con Cemento, (E)**

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

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

Donde:

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

CS=f'c = Resistencia a la Compresión de Diseño, como se determina en AASHTO T22, T140 o ASTM C 39. Asumimos 21 kg/cm2 (356 psi), valor característico de resistencias a la compresión de bases estabilizadas con cemento en Nicaragua, obteniendo:

$$E = (500 + 356) * 1{,}000 \text{ (psi)}$$

$$\boldsymbol{E = 856{,}000 \text{ psi}}$$

Valor a utilizar en la solución del sistema.

- **Coeficiente Poisson para Concreto**

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

4.3.3.8.3.1.1 Diseño De Pavimento Rígido

El cálculo de espesores se llevó a cabo mediante la utilización de AASHTO Supplement Worksheet de la Suplement to AASHTO Guide For Design of Pavement Structures, 1998; cuyos lineamientos originales fueron desarrollas bajo el proyecto Nº 1-30 de la National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), y verificados basándose en los resultados del estudio: Validation of Guidelines for k-Value Selection and Concrete Pavement Performance Prediction, Publication Nº FHWA-RD-96-198, (January 1997):

Tabla 117. Variables de Diseño de Pavimento Rígido.

RESUMEN DE VARIABLES		
VARIABLE		**VALOR**
Espesor de Losa (Plg)	D	**A DETERMINAR**
Módulo de Elasticidad Del Concreto De La Losa (Psi)	Ec	4,320,000.00
Coeficiente Poisson Para Concreto	μ	0.15
Modulo Elastico Efectivo De Soporte De La Subbase (Psi/Pulg)	k	100.00
Módulo De Elasticidad De La Base (Psi)	Eb	856,000
Coeficiente De Friccion Entre La Losa Y La Base (Tabla 14)	f	8.00
Espaciamiento De Juntas (Plg)	L	70.86
Espesor De Base (Plg)	Hb	6.00
Velocidad Anual Del Viento (Mph)	WIND	13.0
Temperatura Anual (ºf)	TEMP	85.0
Precipitacion Anual (Plg)	PRECIP	7.0
Factor De Ajuste Por Soporte De Orilla (Se Construira Hombro De Concreto)	E	0.94
Indice De Serviciabilidad Inicial	P_1	4.50
Indice De Serviciabilidad Final	P_2	2.50
Esfuerzo A La Flexion (Psi)	(S'c)'	640.00
Coeficiente De Drenaje	Cd	1.00
Confiabilidad (R)	R	80%
Desviacion Estandar Del Sistema	So	0.35
Ejes De Daño 10 Años	Wt18	623,901
Ejes De Daño 15 Años	Wt18	1,084,188
Ejes De Daño 20 Años	Wt18	1,681,656

4.3.3.8.3.1.2 Resultados:

Figura 44. Resultados para 10 años:

1998 AASHTO Supplement Procedure for Concrete Pavement Thickness Design

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

recalculate seasonally adjusted effective k value | solve for required slab thickness for input design ESALs | solve for allowable ESALs for input slab thickness

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

parameter	symbol	value	units	
slab thickness	D	5.04	in	12.8 cms
estimated future ESALs	W_{18}	623,901	ESALs	
design reliability	R	80	%	
overall standard deviation	S_o	0.35		
mean 28-day concrete elastic modulus	E_c	4,320,000	psi	
mean 28-day concrete flexural strength	S'_c	640	psi	
concrete Poisson's ratio	μ	0.15		
base elastic modulus	E_b	856,000	psi	
base thickness	H_b	6	in	
slab/base friction coefficient	f	8		
k value	k	60	psi/in	
initial serviceability	P_1	4.5		
terminal serviceability	P_2	2.5		
joint spacing	L	4.59	ft	
edge support adjustment factor	E	0.94		
mean annual temperature	temp	85	deg F	
mean annual precipitation	precip	7	in	
mean annual wind speed	wind	13	mph	

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

standard normal deviate	Z_R	-0.842		ok
effective positive temperature differential	TD	10.62	deg F	ok
slab length in inches	L	55.117944	in	ok
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.47		ok
radius of relative stiffness	l	29.77	in	ok
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.117		ok
stress due to load	sigma l	167.86	psi	ok
total stress due to load and temperature	sigma t	419.29	psi	ok

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

effective positive temperature differential	TD	3.09	deg F	ok
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.13		ok
radius of relative stiffness	l	25.52	in	ok
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.499		ok now (had 68 instead of 6)
stress due to load	sigma l	429.09	psi	ok
total stress due to load and temperature	sigma t	531.73	psi	ok

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

allowable log ESALs for 50% reliability, new design	log W'	5.98		ok
allowable log W for 50% reliability, AASHO Road Test	log W	5.65		ok
log rho term	log R	5.68		ok
serviceability loss term	G	-0.18		ok
beta term	B	5.00		ok
allowable ESALs for design reliability, new design	W'	488,799		ok
expected ESALs for design reliability, new design	W_{18R}	623,901		ok
ratio of expected to allowable ESALs		1.28		ok

Figura 45. Resultados para 15 años:

1998 AASHTO Supplement Procedure for Concrete Pavement Thickness Design

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

recalculate seasonally adjusted effective k value | solve for required slab thickness for input design ESALs | solve for allowable ESALs for input slab thickness

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

parameter	symbol	value	units	
slab thickness	D	5.83	in	14.8 cms
estimated future ESALs	W_{18}	1,084,188	ESALs	
design reliability	R	80	%	
overall standard deviation	S_o	0.35		
mean 28-day concrete elastic modulus	E_c	4,320,000	psi	
mean 28-day concrete flexural strength	S'_c	640	psi	
concrete Poisson's ratio	μ	0.15		
base elastic modulus	E_b	856,000	psi	
base thickness	H_b	6	in	
slab/base friction coefficient	f	8		
k value	k	60	psi/in	
initial serviceability	P_1	4.5		
terminal serviceability	P_2	2.5		
joint spacing	L	4.59	ft	
edge support adjustment factor	E	0.94		
mean annual temperature	temp	85	deg F	
mean annual precipitation	precip	7	in	
mean annual wind speed	wind	13	mph	

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

standard normal deviate	Z_R	-0.842		ok
effective positive temperature differential	TD	12.03	deg F	ok
slab length in inches	L	55.117944	in	ok
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.43		ok
radius of relative stiffness	l	33.21	in	ok
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.171		ok
stress due to load	sigma l	164.49	psi	ok
total stress due to load and temperature	sigma t	400.33	psi	ok

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

effective positive temperature differential	TD	4.58	deg F	ok
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.12		ok
radius of relative stiffness	l	28.47	in	ok
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.467		ok now (had 68 instead of 6)
stress due to load	sigma l	360.94	psi	ok
total stress due to load and temperature	sigma t	466.84	psi	ok

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

allowable log ESALs for 50% reliability, new design	log W'	6.16		ok
allowable log W for 50% reliability, AASHO Road Test	log W	6.00		ok
log rho term	log R	6.08		ok
serviceability loss term	G	-0.18		ok
beta term	B	2.41		ok
allowable ESALs for design reliability, new design	W'	741,531		ok
expected ESALs for design reliability, new design	W_{18R}	1,084,188		ok
ratio of expected to allowable ESALs		1.46		ok

Figura 46. Resultados para 20 años:

1998 AASHTO Supplement Procedure for Concrete Pavement Thickness Design

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

recalculate seasonally adjusted effective k value | solve for required slab thickness for input design ESALs | solve for allowable ESALs for input slab thickness

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

parameter	symbol	value	units	
slab thickness	D	6.40	in	16.3 cms
estimated future ESALs	W_{18}	1,681,656	ESALs	
design reliability	R	80	%	
overall standard deviation	S_o	0.35		
mean 28-day concrete elastic modulus	E_c	4,320,000	psi	
mean 28-day concrete flexural strength	S'_c	640	psi	
concrete Poisson's ratio	μ	0.15		
base elastic modulus	E_b	856,000	psi	
base thickness	H_b	6	in	
slab/base friction coefficient	f	8		
k value	k	60	psi/in	
initial serviceability	P_1	4.5		
terminal serviceability	P_2	2.5		
joint spacing	L	4.59	ft	
edge support adjustment factor	E	0.94		
mean annual temperature	temp	85	deg F	
mean annual precipitation	precip	7	in	
mean annual wind speed	wind	13	mph	

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

standard normal deviate	Z_R	-0.842		ok
effective positive temperature differential	TD	12.82	deg F	ok
slab length in inches	L	55.117944	in	ok
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.40		ok
radius of relative stiffness	l	35.62	in	ok
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.204		ok
stress due to load	sigma l	156.88	psi	ok
total stress due to load and temperature	sigma t	372.42	psi	ok

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

effective positive temperature differential	TD	5.42	deg F	ok
ratio of stress with friction to stress with bond	F	1.11		ok
radius of relative stiffness	l	30.53	in	ok
log of slope of TD effect on stress	log b	-1.452		ok now (had 68 instead of 6)
stress due to load	sigma l	320.54	psi	ok
total stress due to load and temperature	sigma t	424.43	psi	ok

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

allowable log ESALs for 50% reliability, new design	log W'	6.34		ok
allowable log W for 50% reliability, AASHO Road Test	log W	6.23		ok
log rho term	log R	6.33		ok
serviceability loss term	G	-0.18		ok
beta term	B	1.72		ok
allowable ESALs for design reliability, new design	W'	1,119,041		ok
expected ESALs for design reliability, new design	W_{18R}	1,681,656		ok
ratio of expected to allowable ESALs		1.50		ok

- **Calidad del concreto para la losa del pavimento y de la base.**

Estas variables independientes son características del Método AASHTO-98 para pavimentos rígidos. En nuestro análisis emplearemos un concreto de resistencia a la rotura de 45 kg/cm^2 (640 psi) para los canales de circulación y de 45 kg/cm^2 para los hombros. La base seleccionada como material de base granular se recomienda una mezcla de materiales granulares, hasta alcanzar un espesor total mínimo de 15 cm y debe ser estabilizada con la adición de cemento, en una cantidad tal que la mezcla estabilizada alcance una resistencia

mínima a la compresión simple, después de 7 días de curado, de 21 kg/cm2. Basado en el resultado anterior los espesores son:

Tabla 118. Espesores de pavimento losa

Sin Dovelas y sin apoyo lateral	Losa de concreto (cm)	Base estabilizada con cemento (cm)	Espesor capa de Terraceria Mejorada (cm)
10 años	13.00	15.00	40.00
15 años	15.00	15.00	40.00
20 años	16.00	15.00	40.00

4.3.3.8.3.1.3 Diseño de Espesores de Pavimento con Concreto Hidráulico - Losas Cortas

La Portland Cement Association [P.C.A.] publicó en 1966 un procedimiento para el diseño de espesores de pavimento, basado en el concepto de "consumo de resistencia". En este método se calculan las tensiones que produce el tránsito en cada rango de carga, comparándolas con la resistencia de diseño adoptada denominando la relación de ellas como "razón de esfuerzos". De acuerdo a este valor se establece el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga que, comparado con el número de repeticiones esperadas, permite establecer un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango de carga, cuya suma no debe exceder de un 100%.

Después de muchos años de aplicación y revisión se publicó en 1984, un nuevo método cuyo autor es Robert G. Packard. Este procedimiento permite cuantificar la influencia que significa colocar una berma con hormigón adyacente al pavimento, a diferencia de otros métodos que solo señalan este efecto desde el punto de vista cualitativo.

Los procedimientos de diseño que brinda la PCA, tienen en cuenta algunas condiciones que antes no se habían cubierto por algún método, incluyen el reconocimiento de:

1. El grado de transferencia de carga proporcionado en las juntas transversales.
2. El efecto de usar bermas de concreto, adyacentes al pavimento.
3. El efecto de usar una subbase de concreto pobre.

Este método se basa en dos criterios de diseño:

- Fatiga, para proteger al pavimento contra la acción de los esfuerzos producidos por la acción repetida de las cargas.
- Erosión, para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas.

4.3.3.8.3.1.4 Resistencia a la flexión del concreto

La consideración de la resistencia a la flexión del concreto es aplicable en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento del pavimento bajo la repetición de cargas.

El alabeo del pavimento de concreto bajo las cargas del tráfico provoca esfuerzos tanto de compresión como de flexión. Sin embargo, la proporción de los esfuerzos a compresión contra la resistencia a la compresión del concreto es mínima como para influir en el diseño de espesor de la losa. En cambio, la relación de los esfuerzos a flexión contra la resistencia a la flexión del concreto es mucho más alta y frecuentemente excede valores de 0.5. Por este motivo los esfuerzos y la resistencia a la flexión son los empleados para el diseño de espesores. La resistencia a la flexión del concreto es determinada por la prueba del módulo de ruptura, realizada en vigas de 6x6x30 pulgadas.

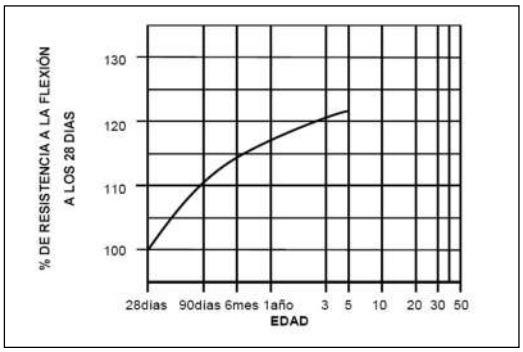
El módulo de ruptura puede encontrase aplicando la carga en cantiliver, punto medio ó en 3 puntos. Una diferencia importante en estos métodos de prueba es que al aplicar la carga en 3 puntos se obtiene la mínima resistencia del tercio medio de la viga de prueba, mientras que los otros 2 métodos muestran la resistencia en un solo punto. El valor determinado por el método de aplicación de carga de 3 puntos (American Society for Testing and Materials, ASTM C78) es el empleado en este método de diseño.

La prueba del módulo de ruptura es comúnmente realizada a los 7, 14, 28 y 90 días. Los resultados a los 7 y 14 días son comparados contra especificaciones de control de calidad y para determinar cuándo puede ser abierto al tránsito un pavimento.

Sabemos que el concreto continúa ganando resistencia con el paso del tiempo, como lo muestra la figura de curva de desarrollo. Esta ganancia de resistencia es mostrada en la curva que representa valores de módulo de ruptura (M_R) promedios para varias series de pruebas

de laboratorio, pruebas de vigas curadas en campo y secciones de concreto tomadas de pavimentos en servicio.

Figura 47. Curva de desarrollo de Resistencia a la flexión a través del tiempo.



4.3.3.8.3.1.5 Resistencia de la subrasante

La resistencia de la subrasante es considerada dentro del método por medio del Módulo de Reacción del Suelo K que se puede obtener directamente mediante la Prueba de Placa, ver esquema de prueba de placa.

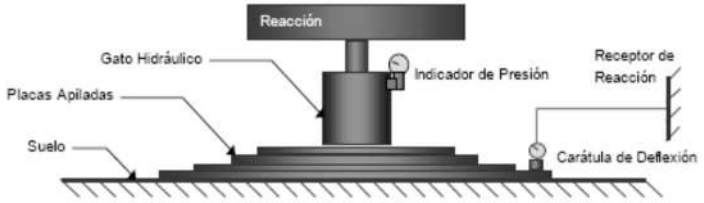
El Módulo de Reacción del Suelo corresponde a la capacidad portante que tiene el terreno natural en donde se soportará el cuerpo del pavimento. El valor del módulo de reacción (K) se puede obtener directamente del terreno mediante la prueba de placa ASTM D1195 y D1196. El valor de K representa el soporte (terreno natural y terraplén si lo hay) y se puede incrementar al tomar la contribución de la sub-base.

El soporte dado a los pavimentos de concreto por la base y la sub-base, es el segundo factor en el diseño de espesores. El terreno de apoyo está definido en términos del módulo de reacción de la subrasante de Westergaard (k). Es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada de un área cargada (un plato de 30 pulgada de diámetro) dividido entre la deformación en pulgadas que provoca dicha carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (psi / pulgada) o más comúnmente, por libras por pulgada cúbica (pci.).

Dado que la prueba de placa lleva tiempo y dinero, los valores de K son usualmente estimados mediante una correlación a pruebas más simples como la del VRS (valor Relativo de Soporte o cbr). El resultado es válido por que no se requiere una exacta determinación del valor K; ya que variaciones normales del valor k no afecta significativamente los requerimientos del

espesor del pavimento. La relación mostrada figura de incremento del valor de k, es correcta para estos propósitos.

Figura 48. Esquema de la Prueba de Placa



Los valores mostrados más adelante, son basados del análisis de Burmister de un sistema de dos capas y cargado en pruebas de placa hechas para determinar los valores K del conjunto suelo – sub-base en losas de prueba completas.

Figura 49. Incremento en el valor de K del suelo, según el espesor de una base granular.

k Suelo - Sub-base (pci)				
k del Suelo (pci)	Espesor de la sub-base			
	4"	6"	9"	12"
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Las bases mejoradas o tratadas con cemento aportan mayor capacidad de carga y su comportamiento a largo plazo es mucho mejor y son ampliamente empleadas para pavimentos de concreto con tráfico pesado. Se construyen con materiales granulares como los tipos de suelos AASHTO A-1, A-2-4, A-2-5 y A-3, el contenido de cemento es determinado mediante las pruebas de Congelación - Descongelación y Mojado - Secado y el criterio de pérdidas admisibles de la PCA.

Los valores de diseño de módulo de reacción K, para bases cementadas que cumplen con éste criterio se muestran en la figura incremento del valor de K. La capacidad de soporte se mide en términos del módulo de reacción K determinados por pruebas de placa directa, debido a que estas pruebas son complejas y costosas el valor de K lo estimamos por correlación con pruebas más sencillas con el CBR. Calculamos el CBR de diseño y entramos en la gráfica de Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos obteniendo el valor de K, como lo muestra la siguiente figura.

Figura 50. Correlación SUCS, CBR y K.

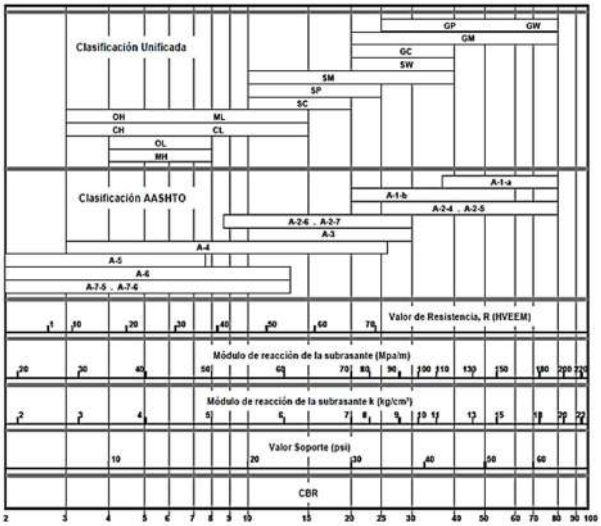


Figura 51. Incremento en el valor de K del suelo, según el espesor de una base granular cementada.

k Suelo - Subbase (pci)				
k del Suelo (pci)	Espesor Subbase			
	4"	6"	8"	10"
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	--

4.3.3.8.3.1.6 Periodo de diseño

El termino periodo de diseño se considera frecuentemente como sinónimo del término periodo de análisis de tránsito. Puesto que es difícil predecir el tráfico con suficiente aproximación para un tiempo largo, comúnmente se toma un lapso de 20 años como periodo de para el diseño de un pavimento rígido sin olvidar que en determinados casos, puede resultar económicamente justificado el empleo de periodos menores o mayores.

El periodo de diseño que se elija afecta el diseño de espesores, puesto que determina cuantos años y consecuentemente, cuantos vehículos comerciales podrán circular sobre el pavimento, en ese tiempo. La selección en este diseño será de 10, 15 y 20 años.

4.3.3.8.3.1.7 Factor de crecimiento anual (FCA)

Los siguientes factores influyen en las tasas de crecimiento anual y proyecciones de tráfico: El tráfico atraído o desviado. El incremento del tráfico existente debido a la rehabilitación de algún camino existente.

1. Crecimiento normal de tráfico. El crecimiento normal provocado por el incremento del número de vehículos.
2. Tráfico generado. El incremento provocado por los vehículos que no circularían por la vía si la nueva facilidad no se hubiese construido.
3. Tráfico por desarrollo. El incremento provocado por cambios en el uso del suelo debido a la construcción de la nueva facilidad.

Si se desea obtener el factor de crecimiento anual del tráfico (FCA) de manera más exacta, se puede obtener a partir de la siguiente fórmula:

$$Fc = \frac{(1+g)^n - 1}{(gxn)}$$

Dónde:

F_C = Factor de Crecimiento Anual.

n = Vida útil en años.

g = Tasa de crecimiento anual, en %.

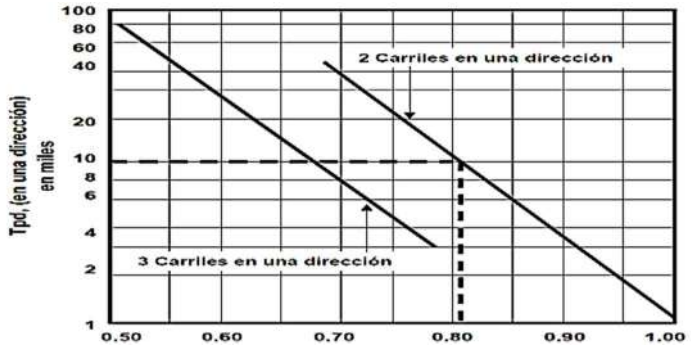
4.3.3.8.3.1.8 Factor de sentido (FS)

El factor de sentido se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que para vialidades en doble sentido se utiliza un factor de sentido de 0.5 y para vialidades en un solo sentido un factor de 1.0, en el caso de vialidades de doble sentido generalmente se asume que el tránsito (en sus diferentes tipos y pesos) viajan en igual cantidad para cada dirección (FS=0.5). Sin embargo, esto puede no aplicar en algunos casos especiales en que muchos de los camiones viajan cargados en una dirección y regresan vacíos, si éste es el caso, se deberá hacer el ajuste apropiado y tomar en cuenta el sentido con mayor tráfico**.**

4.3.3.8.3.1.9 Factor de carril (FC)

Analizaremos el número de carriles por sentido mediante el factor de carril. El factor de carril da el porcentaje de vehículos que circulan por el carril de la derecha, que es el carril con más tráfico. Para esto, la PCA recomienda emplear la figura de proporción de vehículos comerciales en el carril derecho, en donde este factor depende del número de carriles por sentido o dirección del tráfico y del tránsito promedio diario anual en un solo sentido.

Figura 52. Proporción de Vehículos circulando por el carril de baja velocidad en una vialidad de 2 ó 3 carriles.



4.3.3.8.3.1.10 Factor de seguridad de carga (LSF)

Una vez que se conoce la distribución de carga por eje, es decir que se conoce cuantas repeticiones se tendrán para cada tipo y peso de eje, se utiliza el factor de seguridad de carga para multiplicarse por las cargas por eje.

Los factores de seguridad de carga recomendados son:

1.3 Casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.

1.2 Para Autopistas ó vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.

1.1 Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.

1.0 Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

Este es un factor de ampliación de la cantidad de repeticiones por eje, que cubre pequeñas imperfecciones en la estimación de la cantidad de repeticiones o peso de ejes en el pavimento.

4.3.3.8.3.1.11 Numero de Repeticiones Esperadas para cada Eje y Dimensionamiento de Espesor.

Toda la información referente al tráfico termina siendo empleada para conocer el número de repeticiones esperadas durante todo el período de diseño de cada tipo de eje. Para poder conocer estos valores tendremos que conocer varios factores referentes al tránsito como lo es el tránsito promedio diario anual (TPDA), el porcentaje que representa cada tipo de eje en el TPDA, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño. Repeticiones Esperadas:

$$\mathbf{Re} = TPDA\ x\ \%Te\ x\ FS\ x\ FC\ x\ Pd\ x\ FCA\ x\ 365$$

Dónde:

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

% Te = % del TPDA para cada tipo de eje.

FS = Factor de Sentido.

FC = Factor de Carril.

Pd = Período de Diseño.

FCA = Factor de Crecimiento Anual.

365 = días de un año.

4.3.3.8.3.2 Metodología de Cálculo

Los pasos a seguir para el cálculo de espesores son los siguientes:

a) Definición de los datos básicos de entrada:
   - Tipo de berma y pasadores.
   - Resistencia de diseño (a 28 días).
   - Valor del módulo de reacción de diseño
   - Factor de seguridad adoptado.
   - Número de ejes esperados en cada rango de carga para la vida de diseño adoptada.

b) Colocar tentativamente un espesor de pavimento.

c) Con la información contenida en (a) y (b) determinar los valores de "Esfuerzo Equivalente" y "Factor de Erosión" en las tablas correspondientes, Figura de Esfuerzo Equivalente, Figura de Factor de Erosión, Figura de Análisis de Fatiga y Figura Análisis de Erosión.

d) Calcular el "Factor de Razón de Esfuerzo", dividiendo el valor del esfuerzo equivalente por la resistencia de diseño. Con el "Factor de Erosión" y "Razón de Esfuerzo", se determinan las repeticiones permitidas utilizando los ábacos correspondientes para tal efecto.

Las repeticiones permitidas se expresan finalmente como por ciento de las repeticiones esperadas. La suma de la columna fatiga, permite establecer si el espesor tentativo cumple los requerimientos. Estos son tales que, cada uno por separado no debe exceder de 100%. En caso contrario debe incrementarse el espesor tentativo y recalcular.

Este proceso es engorroso y este aspecto se resuelve de forma computarizada, para esto último existen software como el programa BSPCA realizado en el instituto de Postrado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca en Visual Basic, que requiere la introducción de los diferentes parámetros y efectuando los análisis de fatiga y erosión permite obtener el dimensionamiento de la estructura de pavimento. Una vez realizado el dimensionamiento permite realizar un análisis de sensibilidad para evaluar la incidencia de la variación de los respectivos parámetros en el análisis de los dos criterios de diseño fatiga y erosión, para este diseño utilizaremos una hoja de cálculo elaborada en Excel.

Figura 53. Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Con Apoyo Lateral

Esfuerzo equivalente - Con Apoyo Lateral.

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	368	360	383	384	359
4.5	547	461	365	479	400	328	444	372	313	421	356	305	390	338	297	355	322	292	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	418	360	279	368	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	96	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	156
7.0	302	270	204	266	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	176	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	170	144	113	157	131	106	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98	139	116	94
9.5	200	190	137	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	126	98	136	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	98	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	106	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	86	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	86	66	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	85	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

Figura 54. Factores de Erosión, para pavimentos con Pasa juntas y Con apoyo Lateral.

Factores de Erosión - Con Pasajuntas - Con Apoyo Lateral

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.28	3.30	3.33	3.24	3.20	3.20	3.21	3.13	3.13	3.19	3.10	3.10	3.15	3.09	3.05	3.12	3.08	3.00
4.5	3.13	3.19	3.24	3.09	3.08	3.10	3.06	3.00	2.99	3.04	2.96	2.95	3.01	2.93	2.91	2.98	2.91	2.87
5.0	3.01	3.09	3.16	2.97	2.98	3.01	2.93	2.89	2.89	2.90	2.84	2.83	2.87	2.79	2.79	2.85	2.77	2.75
5.5	2.90	3.01	3.09	2.85	2.89	2.94	2.81	2.79	2.80	2.79	2.74	2.74	2.76	2.68	2.67	2.73	2.65	2.64
6.0	2.79	2.93	3.03	2.75	2.82	2.87	2.70	2.71	2.73	2.68	2.65	2.66	2.65	2.58	2.58	2.62	2.54	2.54
6.5	2.70	2.86	2.97	2.65	2.75	2.82	2.61	2.63	2.67	2.58	2.57	2.59	2.55	2.50	2.50	2.52	2.45	2.45
7.0	2.61	2.79	2.92	2.56	2.68	2.76	2.52	2.56	2.61	2.49	2.50	2.53	2.46	2.42	2.43	2.43	2.38	2.37
7.5	2.53	2.73	2.87	2.48	2.62	2.72	2.44	2.50	2.56	2.41	2.44	2.47	2.38	2.36	2.37	2.35	2.31	2.31
8.0	2.46	2.68	2.83	2.41	2.56	2.67	2.36	2.44	2.51	2.33	2.38	2.42	2.30	2.30	2.32	2.27	2.24	2.25
8.5	2.39	2.62	2.79	2.34	2.51	2.63	2.29	2.39	2.47	2.26	2.32	2.38	2.22	2.24	2.27	2.20	2.18	2.20
9.0	2.32	2.57	2.75	2.27	2.46	2.59	2.22	2.34	2.43	2.19	2.27	2.34	2.16	2.19	2.23	2.13	2.13	2.15
9.5	2.26	2.52	2.71	2.21	2.41	2.55	2.16	2.29	2.39	2.13	2.22	2.30	2.09	2.14	2.18	2.07	2.08	2.11
10.0	2.20	2.47	2.67	2.15	2.36	2.51	2.10	2.25	2.35	2.07	2.18	2.26	2.03	2.09	2.15	2.01	2.03	2.07
10.5	2.15	2.43	2.64	2.09	2.32	2.48	2.04	2.20	2.32	2.01	2.14	2.23	1.97	2.05	2.11	1.95	1.99	2.04
11.0	2.10	2.39	2.60	2.04	2.28	2.45	1.99	2.16	2.29	1.95	2.09	2.20	1.92	2.01	2.08	1.89	1.95	2.00
11.5	2.05	2.35	2.57	1.99	2.24	2.42	1.93	2.12	2.26	1.90	2.05	2.16	1.87	1.97	2.05	1.84	1.91	1.97
12.0	2.00	2.31	2.54	1.94	2.20	2.39	1.88	2.09	2.23	1.85	2.02	2.13	1.82	1.93	2.02	1.79	1.87	1.94
12.5	1.95	2.27	2.51	1.89	2.16	2.36	1.84	2.05	2.20	1.81	1.98	2.11	1.77	1.89	1.99	1.74	1.84	1.91
13.0	1.91	2.23	2.48	1.85	2.13	2.33	1.79	2.01	2.17	1.76	1.95	2.08	1.72	1.86	1.96	1.70	1.80	1.88
13.5	1.86	2.20	2.46	1.81	2.09	2.30	1.75	1.98	2.14	1.72	1.91	2.05	1.68	1.83	1.93	1.65	1.77	1.86
14.0	1.82	2.17	2.43	1.76	2.06	2.28	1.71	1.95	2.12	1.67	1.88	2.03	1.64	1.80	1.91	1.61	1.74	1.83

Figura 55. Análisis de fatiga (Repeticiones permisibles basadas en el factor de relación de esfuerzo, con o sin apoyo literal).

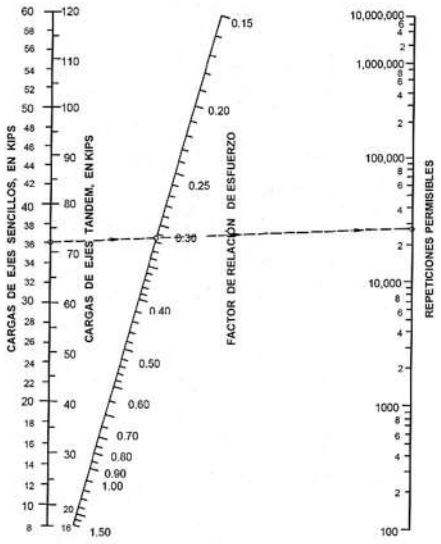
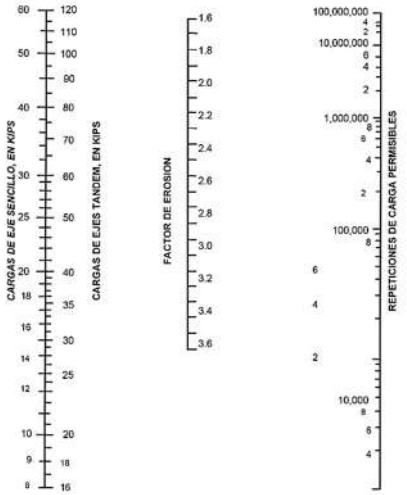


Figura 56. Análisis de Erosión (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, con apoyo lateral)



4.3.3.8.3.2.1 Implementación del Método PCA

Se plantean las Alternativas de Diseño Estructural de pavimento rígido en Losa Corta con las siguientes características: Estructura empleando una losa de hormigón para la capa de rodamiento de 20 cm de 45 kg/cm2 de Módulo de Rotura, colocadas sobre una capa base de material triturado estabilizado con cemento hasta lograr la resistencia mínima a la compresión de 21kg/cm^2 de 20 cm de espesor, la cual, a su vez, estará por el actual rodamiento ajustado, previamente realizado los retiros de materiales inadecuados del rodamiento actual y dotándola misma con un mejoramiento de terracería de 40 cm.

- Factor de Sentido: En el tramo de estudio existen dos sentidos y el factor sentido es de 0.5.
- Factor de Carril: El factor carril en el tramo de estudio, es de 1.0.

Tabla 119. Repeticiones esperadas para cada tipo de eje.

Tramo	Descripción	Rodamiento	Periodo (Años)		
			10	15	20
I	La Paz – San Pedro - Niquinohomo	Losa Corta	623,901	1,084,188	1,681,656

4.3.3.8.3.3 Cálculo del Módulo de Sub-reacción (k) de diseño:

Para establecer el K se procede a correlacionarlo con el CBR de la subrasante de 4% y entramos en la gráfica de Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los

diferentes ensayos: **Figura Correlación CBR y K.** obteniendo, un K de la subrasante de por correlación, sin embargo debido a que colocaremos una capa estabilizada con cemento de 20 cm para mejorar la capacidad y soporte de la subrasante, así disminuir el espesor de diseño por ende el costo en la construcción del pavimento, resultando en una nueva K mejorada por la capa estabilizada con cemento, calculamos en la **Figura de Incremento en el valor de K del suelo, según el espesor de una base granular cementada,** finalmente la capacidad soporte de la subrasante para cada sub tramo es el siguiente:

Tabla 120. Cálculo del Módulo de Sub-reacción (k) de diseño

CBR	K Correlación (pci)	K Ajustado (pci)	Observación
4	100	520	Calculado

Habiendo establecido los parámetros de evaluación se estiman las repeticiones esperadas para 10, 15 y 20 años, para ello se elabora una hoja Excel y los resultados son:

Figura 57. Evaluación de espesor de Losa de 15 cm

Factor Dirección:	0.50	Período de análisis:	20 Años	Módulo de Reacción del Compuesto, k:	520 pci		
Factor Líneas Tráfico:	1.00	% Crecimiento:	4.60	Módulo de Ruptura del Concreto, MR:	640 psi		
Factor Seguridad Peso:	1.1	F. Crecimiento:	1.57	Espesor de Losa Propuesto, h:	5.90 In		

											Evaluación de losas por fatiga	Evaluación de losas por erosión		
Tipo de Eje	Carga Máx. (Ton)	Carga Máx. (kip)	P. Máx Corregid	TPDA (año inicial	Tráfico Esperad	σ Equiv	R. de esfuerzo	Repeticiones Adm. Por fatiga	Factor de erosión	Repet. Adm. erosión	% Fatiga	% Erosión
Simple	3.2	7.0	7.7	36	206,021	114.83	0.179		1.83		0.00%	0.00%
	5.0	11.0	12.1	19	108,733	175.61	0.274		2.62		0.00%	0.00%
	6.4	14.0	15.4	36	206,021	220.30	0.344		3.04		0.00%	0.00%
	10.0	22.0	24.2	18	103,011	336.92	0.526	258819.6715	3.82	716693.2821	39.80%	14.37%
Total Simple											39.80%	14.37%
Doble	16.5	36.0	39.6	1	5,723	237.74	0.371		3.34	12189176.31	0.00%	0.05%
Total Doble											0.00%	0.05%
Total general											39.80%	14.420%

Figura 58. Evaluación de espesor de Losa de 18 cm

Datos de tráfico y período de análisis				Ingresar configuración del trafico	Limpiar Celdas	Evaluar Espesor
Factor Dirección:	0.50	Período de análisis:	20 Años	Módulo de Reacción del Compuesto, k:	520 pci	
Factor Líneas Tráfico:	1.00	% Crecimiento:	4.60	Módulo de Ruptura del Concreto, MR:	640 psi	
Factor Seguridad Peso:	1.1	F. Crecimiento:	1.57	Espesor de Losa Propuesto, h:	7.08 In	

											Evaluación de losas por fatiga	Evaluación de losas por erosión		
Tipo de Eje	Carga Máx. (Ton)	Carga Máx. (kip)	P. Máx Corregid	TPDA (año inicial	Tráfico Esperad	σ Equiv	R. de esfuerzo	Repeticiones Adm. Por fatiga	Factor de erosión	Repet. Adm. erosión	% Fatiga	% Erosión
Simple	3.2	7.0	7.7	36	206,021	90.81	0.142		1.30		0.00%	0.00%
	5.0	11.0	12.1	19	108,733	138.88	0.217		2.09		0.00%	0.00%
	6.4	14.0	15.4	36	206,021	174.22	0.272		2.51		0.00%	0.00%
	10.0	22.0	24.2	18	103,011	266.44	0.416		3.29	8585778.923	0.00%	1.20%
Total Simple											0.00%	1.20%
Doble	16.5	36.0	39.6	1	5,723	184.53	0.288		2.87		0.00%	0.00%
Total Doble											0.00%	0.00%
Total general											0.00%	1.200%

Como se muestra en los resultados, se analizaron dos espesores de Losa, siendo estos de 15 cm y 18 cm.

Para el caso de la evaluación de Losa de 5.90 pulgada (15 cm) se notó un daño por fatiga del 39.80%, sin embargo, los daños por erosión son de 14.42%, por lo cual no se recomienda su implemento.

Para el caso de la evaluación de Losa de 7.08 pulgada (18 cm), ha resultado un espesor propuesto satisfactorio ya que presenta un porcentaje de Fatiga de 0 % y porcentaje de Daño 0%, además que constructivamente posible, para un concreto de 45 kg/cm2.

Tabla 121. Resumen del resultado

Losas Cortas	Base Estabilizada	Mejoramiento	Total (Cm)
18	20	40	78

- **Resumen de Resultados Pavimento de Concreto Hidráulico**

Los resultados obtenidos se tabulan a continuación:

Tabla 122. Resultados Pavimento de Concreto Hidráulico para 10 años

Método	Espesor capa de rodamiento (cm)	Espesor capa de base estabilizada con cemento (cm)	Espesor capa de Base de Hormigón Magro HF3.0 Mpa (cm)	Espesor capa de Terracería Mejorada (cm)	Total (Cm)
AASHTO 98 Losa Tradicional	13.00	15.00	00.00	40.00	68.00
Método de Diseño Español MOPU Secciones de Pavimento	23.00	-	15		38.00

Tabla 123. Resultados Pavimento de Concreto Hidráulico para 15 años

Método	Espesor capa de rodamiento (cm)	Espesor capa de base estabilizada con cemento (cm)	Espesor capa de Base de Hormigón Magro HF3.0 Mpa (cm)	Espesor Capa de Terracería Mejorada (cm)	Total (Cm)
AASHTO 98 Losa Tradicional	15.00	15.00	00.00	40.00	70.00
Método de Diseño Español MOPU- Secciones de Pavimento	23.00	-	15		38.00

Tabla 124. Resultados Pavimento de Concreto Hidráulico para 20 años

Método	Espesor capa de rodamiento (cm)	Espesor capa de base estabilizada con cemento (cm)	Espesor capa de Base de Hormigón Magro HF3.0 Mpa (cm)	Espesor capa de Terracería Mejorada (cm)	Total (Cm)
AASHTO 98 Losa Tradicional	16.00	15.00	00.00	40.00	71.00
Método de Diseño Español MOPU-Secciones de Pavimento	23.00	-	15		38.00

4.3.3.8.3.2.Diseño Pavimento de Adoquín

4.3.3.8.3.2.1. Método Argentino

En este Método, con el que se obtienen espesores similares, es el desarrollado en base a experiencias del Instituto de Cemento Portland Argentino, por el Ing. Juan F. García Balado, para el cálculo de espesores de pavimento de Adoquines, quien ha propuesto la siguiente ecuación:

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{CBR + 5}$$

Donde:

e = Espesor total del pavimento requerido, en cm.

P = Carga por rueda, en toneladas

CBR = De la Subrasante en condiciones de servicio

Si se emplea la ecuación considerando:

C.B.R. de la Subrasante = 4.00%

Carga por Rueda = 7 Toneladas.

Se obtiene

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{7}}{4.00 + 5}$$

$$e = 44.10 \text{ cm};$$

El Método Argentino contempla, además, la utilización de factores de equivalencia para las diferentes capas del pavimento, en función de los tipos de materiales que se utilizan para su conformación. Dichos factores se describen a continuación:

Tabla 125. Método Argentino

Tipo de material	Factor de Equivalencia
Base de Suelo Granular	1.0
Suelo-Cemento	1.5 a 2.0
Adoquín	2.0 a 2.5

Si se toman en cuenta estos factores de equivalencia el espesor quedaría conformado de la manera siguiente:

$$E = k_1 e_1 + k_2 e_2$$

donde:

e = Espesor total del pavimento en cm

e_1 = Espesor del Adoquín en cm

e_2 = Espesor de la Base en cm

k_1 = Factor de Equivalencia del Adoquín=2.0

k_2 = Factor de Equivalencia de Base=1.5

entonces:

44.10 = $2(10) + 1.5(e2)$

e_2 = $44.10 - 20/1.5 = 14.27$

e_2 = 16.06 cm (Base de Suelo-Cemento)

En el caso de utilizar Base de Suelo Cemento:

Adoquín = 10 cm

Arena = 5 cm

Base Suelo-Cemento = 16.06 cm

Así mismo, el Método, considera cargas "P" con frecuencia de hasta 10^6 repeticiones de carga. Para valores mayores el espesor obtenido debe incrementarse de un 25 a un 35%, conforme el detalle siguiente:

Tabla 126. Espesores a incrementarse según cargas

Repeticiones de Carga	Espesor a utilizar
hasta 10^6	E
10^6 a 107	1.25E
mayor de 10^7	1.35E

Al aplicar la tabla anterior conforme los ESALES, se obtiene:

Tabla 127. Resultados de ESALES.

Periodo (Años)	ESALES Flexibles	Factor	Espesor Base Estabilizada (Cms)
10	550,293	1.00	16.00
15	955,627	1.00	16.00
20	1,481,203	1.25	20.00

4.3.3.8.3.2.2. Resumen de Resultados Pavimento de Adoquín Método Argentino

Tabla 128. Resultados Pavimento de Adoquín Método Argentino

Periodo	Espesor Capa de Rodamiento (Cm)	Espesor Capa de Base Estabilizada con Cemento (Cm)	Terracería Mejorada (Cm)	Total (Cm)
10 años	10.00 (Mas 5 cms de Arena)	16.00	60.00	91.00
15 años	10.00 (Mas 5 cms de Arena)	16.00	60.00	91.00
20 años	10.00 (Mas 5 cms de Arena)	20.00	60.00	95.00

4.3.3.8.3.3.Método AASHTO 1993

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

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

en donde:

Variables independientes:

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

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

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

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

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

Variable dependiente:

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

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

Según la Guía AASHTO-93 y el Manual SIECA, el valor de la "desviación estándar del sistema (So)", para pavimentos flexibles, oscila entre 0.40 y 0.50, para este proyecto utilizaremos 0.45 y es nuestro criterio que, debido a la importancia de esta carretera, sea adoptado el valor de: ***Confiabilidad (R) = 80% para pavimento flexible.***

Variación permisible en la Servicapacidad (ΔPSI)

Los valores normalmente recomendados para esta variable, tanto por el Manual SIECA como por la AASHTO-93, como consecuencia de la Servicapacidad inicial (Po) de 4.2, para esta

variable, y por las características de la vía en estudio la final (Pt) es de 2.50, lo que resulta en una variación permisible en la servicapacidad igual a 1.70.

4.3.3.8.3.3.1. Módulo Resiliente de la subrasante

Tabla 129. Resumen para CBR de Diseño.

Unidad de Diseño	Estaciones	CBR sub-rasante (%)	MR sub-rasante (psi)
1	**0+000 a 10+650**	**4.00%**	**6,000.00 psi**

4.3.3.8.3.3.2. Ejes de Daño

Tabla 130. Ejes de Diseños

Periodo (Años)	ESALES Semiflexibles
10	550,293
15	955,627
20	1,481,203

4.3.3.8.3.3.3. Determinación del Número Estructural (SN)

La solución de la Ecuación de Diseño AASHTO-93, sustituyendo cada una de las diferentes variables independientes y aplicando hoja Excel de AASHTO NEW DESIGN, permite definir los valores de SN sobre la sub-rasante, tal como se indica:

Figura 59. Valores de SN para 10 Años

AASHTO FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN
SN Determination

Design Inputs

W18 =	550,293		*ESALs Applications Over Design Period*
R =	80	%	*Reliability*
So =	0.45		*Standard Deviation*
MR =	6,000	psi	*Subgrade Resilient Modulus*
Pi =	4.2		*Initial Serviceability*
Pt =	2.5		*Terminal Serviceability*

DESIGN SN = 3.18

Figura 60. Valores de SN para 15 Años

AASHTO FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN
SN Determination

Design Inputs

W18 =	955,627		*ESALs Applications Over Design Period*
R =	80	%	*Reliability*
So =	0.45		*Standard Deviation*
MR =	6,000	psi	*Subgrade Resilient Modulus*
Pi =	4.2		*Initial Serviceability*
Pt =	2.5		*Terminal Serviceability*

DESIGN SN = 3.48

Figura 61. Valores de SN para 20 Años

AASHTO FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN
SN Determination

Design Inputs

W18 =	1,481,203		*ESALs Applications Over Design Period*
R =	80	%	*Reliability*
So =	0.45		*Standard Deviation*
MR =	6,000	psi	*Subgrade Resilient Modulus*
Pi =	4.2		*Initial Serviceability*
Pt =	2.5		*Terminal Serviceability*

DESIGN SN = 3.74

4.3.3.8.3.3.4. Determinación de Espesores

Para el cálculo de los espesores se utiliza la Guía de la ASSTHO 1993, para pavimento flexible y se utiliza la hoja Excel de AASHTO NEW DESIGN y la salida nos muestra los resultados siguientes:

Figura 62. Determinación de espesores para 10 Años

Layer No.	Description	Layer Coefficient, a_i	Drainage Coefficient, m_i	Elastic Modulus, psi	SN Using E of next lower layer in inputs box below	Min. Layer Thickness, D, inches	Practical Layer Thickness, D, inches	Associated SN
Layer 1	ADOQUIN	0.42	1.00	400,000	3.33	7.93	3.94	1.65
Layer 2	Estab Base	0.15	1.00	35,000	3.47	12.10	6.29	0.94
Layer 3	Gran. Subbase	0.12	1.00	15,000	3.84	10.35	5.00	0.60
Layer 4	Material Selecto	0.09	1.00	10,000	4.00	8.91	0.00	0.00
Layer 5						0.00	0.00	0.00
Layer 6						0.00	0.00	0.00
Layer 7						0.00	0.00	0.00
Layer 8						0.00	0.00	0.00
Subgrade	Subgrade	N/A	N/A	6,000	N/A	N/A	N/A	N/A
					Total Pavement Thickness, inches,	39.29	15.23	3.20 Calculated SN
								3.18 SN to Match
								Design is sufficient

Figura 63. Determinación de espesores para 15 Años

Layer No.	Description	Layer Coefficient, a_i	Drainage Coefficient, m_i	Elastic Modulus, psi	SN Using E of next lower layer in inputs box below	Min. Layer Thickness, D, inches	Practical Layer Thickness, D, inches	Associated SN
Layer 1	ADOQUIN	0.42	1.00	400,000	3.33	7.93	3.94	1.65
Layer 2	Estab Base	0.17	1.00	35,000	3.47	10.68	6.29	1.07
Layer 3	Gran. Subbase	0.12	1.00	15,000	3.84	9.30	6.50	0.78
Layer 4	Material Selecto	0.08	1.00	10,000	4.00	6.20	0.00	0.00
Layer 5						0.00	0.00	0.00
Layer 6						0.00	0.00	0.00
Layer 7						0.00	0.00	0.00
Layer 8						0.00	0.00	0.00
Subgrade	Subgrade	N/A	N/A	6,000	N/A	N/A	N/A	N/A
					Total Pavement Thickness, inches,	34.10	16.73	3.50 Calculated SN
								3.48 SN to Match
								Design is sufficient

Figura 64. Determinación de espesores para 20 años

Layer No.	Description	Layer Coefficient, a_i	Drainage Coefficient, m_i	Elastic Modulus, psi	SN Using E of next lower layer in inputs box below	Min. Layer Thickness, D, inches	Practical Layer Thickness, D, inches	Associated SN
Layer 1	ADOQUIN	0.42	1.00	400,000	3.33	7.93	3.94	1.65
Layer 2	Estab Base	0.15	1.00	35,000	3.47	12.10	7.87	1.18
Layer 3	Gran. Subbase	0.12	1.00	15,000	3.84	8.37	5.00	0.60
Layer 4	Material Selecto	0.08	1.00	10,000	4.00	7.06	3.94	0.32
Layer 5						0.00	0.00	0.00
Layer 6						0.00	0.00	0.00
Layer 7						0.00	0.00	0.00
Layer 8						0.00	0.00	0.00
Subgrade	Subgrade	N/A	N/A	6,000	N/A	N/A	N/A	N/A
					Total Pavement Thickness, inches,	35.46	20.75	3.75 Calculated SN
								3.74 SN to Match
								Design is sufficient

4.3.3.8.3.3.5. Resumen de Resultados Pavimento de Adoquín Método AASHTO 93

Tabla 131. Resultados Pavimento de Adoquín Método AASHTO 93

Periodo	Espesor capa de rodamiento (cm)	Espesor capa de base triturada estabilizada con cemento (cm)	Sub Base Granular (cm)	Terracería mejorada (cm)	TOTAL (cm)
10 AÑOS	**10.00 (Mas 5 Cms de Arena)**	**16.00**	**13.00**	**60.00**	**104.00**
15 AÑOS	**10.00 (Mas 5 Cms de Arena)**	**16.00**	**19.00**	**60.00**	**110.00**
20 AÑOS	**10.00 (Mas 5 Cms de Arena)**	**20.00**	**13.00**	**60.00**	**108.00**

4.3.3.8.3.3.6. Resumen de Resultados Pavimento de Adoquín

Los resultados obtenidos se tabulan a continuación:

Tabla 132. Resultados Pavimento de Adoquín para 10 Años

Método	Espesor capa de rodamiento (cm)	Espesor capa de base triturada estabilizada con cemento (cm)	Sub Base Granular (cm)	Terracería mejorada (cm)	Total
Argentino	10.00 (Mas 5 Cms de Arena)	16.00	00.00	60.00	91.00
AASHTO 93	10.00 (Mas 5 Cms de Arena)	16.00	13.00	60.0	104.00

Tabla 133. Resultados Pavimento de Adoquín para 15 Años

Método	Espesor Capa De Rodamiento (Cm)	Espesor Capa De Base Triturada Estabilizada Con Cemento (Cm)	Sub Base Granular (Cm)	Terracería Mejorada (Cm)	Total
Argentino	10.00 (Mas 5 Cms de Arena)	16.00	00.00	60.00	91.00
AASHTO 93	10.00 (Mas 5 Cms de Arena)	16.00	19.00	60.00	110.00

Tabla 134. Resultados Pavimento de Adoquín para 20 Años

Método	Espesor Capa De Rodamiento (Cm)	Espesor Capa De Base Triturada Estabilizada Con Cemento (Cm)	Sub Base Granular (Cm)	Terracería Mejorada (Cm)	Total
Argentino	10.00 (Mas 5 cms de Arena)	20.00	00.00	60.00	95.00
AASHTO 93	10.00 (Mas 5 cms de Arena)	20.00	13.00	60.00	108.00

4.3.3.8.4 Diseño Pavimento de Mezcla Asfáltica

4.3.3.8.4.1 Método AASHTO 1993

El Método de Diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Administradores de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés [8]), en su versión de 1993.

Ecuación de diseño

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

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

en donde:

Variables independientes:

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

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

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

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

[8] American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)

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

Variable dependiente:

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

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

Según la Guía AASHTO-93 y el Manual SIECA, el valor de la "desviación estándar del sistema (So)", para pavimentos flexibles, oscila entre 0.40 y 0.50, para este proyecto utilizaremos 0.45. y es nuestro criterio que, debido a la importancia de esta carretera, sea adoptado el valor de: ***Confiabilidad (R) = 80% para pavimento flexible.***

Variación permisible en la Servicapacidad (ΔPSI)

Los valores normalmente recomendados para esta variable, tanto por el Manual SIECA como por la AASHTO-93, como consecuencia de la Servicapacidad inicial (Po) de 4.2, para esta variable, y por las características de la vía en estudio la final (Pt) es de 2.50, lo que resulta en una variación permisible en la servicapacidad igual a 1.70.

4.3.3.8.4.1.1 Módulo Resiliente de la subrasante

Tabla 135. Resumen para CBR de Diseño

Unidad de Diseño	Estaciones	CBR sub-rasante (%)	MR sub-rasante (psi)
1	**0+000 a 10+650**	**4.00%**	**6,000.00 psi**

4.3.3.8.4.1.2 Ejes de Daño

Tabla 136. Ejes de Daño

PERIODO (AÑOS)	ESALES SEMIFLEXIBLES
10	550,293
15	955,627
20	1,481,203

- **Determinación del Número Estructural (SN)** La solución de la Ecuación de Diseño AASHTO-93, sustituyendo cada una de las diferentes variables independientes y

aplicando hoja Excel de AASHTO NEW DESIGN, permite definir los valores de SN sobre la sub-rasante, tal como se indica:

Figura 65. Valores de SN para 10 años

AASHTO FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN

SN Determination

Design Inputs

W18 =	550,293	*ESALs Applications Over Design Period*	Typ. Range 0.1 to 80 million
R =	80 %	*Reliability*	Typ. Range 80 to 95%
So =	0.45	*Standard Deviation*	Typ. Range 0.3 to 0.5
MR =	6,000 psi	*Subgrade Resilient Modulus*	Typ. Range 3000 to 9000 psi
Pi =	4.2	*Initial Serviceability*	Typ. Range 4.4 to 4.8
Pt =	2.5	*Terminal Serviceability*	Typ. Range 2.0 to 3.0

DESIGN SN = 3.18

Figura 66. Valores de SN para 15 Años

AASHTO FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN

SN Determination

Design Inputs

W18 =	955,627	*ESALs Applications Over Design Period*	Typ. Range 0.1 to 80 million
R =	80 %	*Reliability*	Typ. Range 80 to 95%
So =	0.45	*Standard Deviation*	Typ. Range 0.3 to 0.5
MR =	6,000 psi	*Subgrade Resilient Modulus*	Typ. Range 3000 to 9000 psi
Pi =	4.2	*Initial Serviceability*	Typ. Range 4.4 to 4.8
Pt =	2.5	*Terminal Serviceability*	Typ. Range 2.0 to 3.0

DESIGN SN = 3.48

Figura 67. Valores de SN para 20 Años

AASHTO FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN

SN Determination

Design Inputs

W18 =	1,481,203	*ESALs Applications Over Design Period*	Typ. Range 0.1 to 80 million
R =	80 %	*Reliability*	Typ. Range 80 to 95%
So =	0.45	*Standard Deviation*	Typ. Range 0.3 to 0.5
MR =	6,000 psi	*Subgrade Resilient Modulus*	Typ. Range 3000 to 9000 psi
Pi =	4.2	*Initial Serviceability*	Typ. Range 4.4 to 4.8
Pt =	2.5	*Terminal Serviceability*	Typ. Range 2.0 to 3.0

DESIGN SN = 3.74

4.3.3.8.4.1.3 Determinación de Espesores

Para el cálculo de los espesores se utiliza la Guía de la ASSTHO 1993, para pavimento flexible y se utiliza la hoja Excel de AASHTO NEW DESIGN y la salida nos muestra los resultados siguientes:

Figura 68. Determinación de espesores para 10 años

Layer No.	Description	Layer Coefficient, a_i	Drainage Coefficient, m_i	Elastic Modulus, psi	SN Using E of next lower layer in inputs box below	Min. Layer Thickness, D, inches	Practical Layer Thickness, D, inches	Associated SN
Layer 1	MAC	0.42	1.00	400,000	3.33	7.93	2.95	1.24
Layer 2	Estab Base	0.15	1.00	35,000	3.47	14.87	6.00	0.90
Layer 3	Gran. Subbase	0.12	1.00	15,000	3.84	14.18	8.73	1.05
Layer 4	Material Selecto	0.08	1.00	10,000	4.00	10.17	0.00	0.00
Layer 5						0.00	0.00	0.00
Layer 6						0.00	0.00	0.00
Layer 7						0.00	0.00	0.00
Layer 8						0.00	0.00	0.00
Subgrade	Subgrade	N/A	N/A	6,000	N/A	N/A	N/A	N/A
					Total Pavement Thickness, inches,	47.14	17.68	3.19 Calculated SN
								3.18 SN to Match
								Design is sufficient

Figura 69. Determinación de espesores para 15 años

Layer No.	Description	Layer Coefficient, a_i	Drainage Coefficient, m_i	Elastic Modulus, psi	SN Using E of next lower layer in inputs box below	Min. Layer Thickness, D, inches	Practical Layer Thickness, D, inches	Associated SN
Layer 1	MAC	0.42	1.00	400,000	3.33	7.93	3.14	1.32
Layer 2	Estab Base	0.15	1.00	35,000	3.47	14.34	7.09	1.06
Layer 3	Gran. Subbase	0.12	1.00	15,000	3.84	12.15	9.35	1.12
Layer 4	Material Selecto	0.08	1.00	10,000	4.00	6.20	0.00	0.00
Layer 5						0.00	0.00	0.00
Layer 6						0.00	0.00	0.00
Layer 7						0.00	0.00	0.00
Layer 8						0.00	0.00	0.00
Subgrade	Subgrade	N/A	N/A	6,000	N/A	N/A	N/A	N/A
					Total Pavement Thickness, inches,	40.61	19.58	3.50 Calculated SN
								3.48 SN to Match
								Design is sufficient

Figura 70. Determinación de espesores para 20 años

Layer No.	Description	Layer Coefficient, a_i	Drainage Coefficient, m_i	Elastic Modulus, psi	SN Using E of next lower layer in inputs box below	Min. Layer Thickness, D, inches	Practical Layer Thickness, D, inches	Associated SN
Layer 1	MAC	0.42	1.00	400,000	3.33	7.93	3.94	1.65
Layer 2	Estab Base	0.15	1.00	35,000	3.47	12.10	7.90	1.19
Layer 3	Gran. Subbase	0.12	1.00	15,000	3.84	8.34	7.70	0.92
Layer 4	Material Selecto	0.08	1.00	10,000	4.00	2.95	0.00	0.00
Layer 5						0.00	0.00	0.00
Layer 6						0.00	0.00	0.00
Layer 7						0.00	0.00	0.00
Layer 8						0.00	0.00	0.00
Subgrade	Subgrade	N/A	N/A	6,000	N/A	N/A	N/A	N/A
					Total Pavement Thickness, inches,	31.32	19.54	3.76 Calculated SN
								3.74 SN to Match
								Design is sufficient

4.3.3.8.4.1.4 Resumen de Resultados Pavimento de Mezcla Asfáltica Método AASHTO 93

Tabla 137. Resultados de Pavimento de Mezcla Asfáltica Método AASTHO 93.

Periodo	Espesor Capa de Rodamiento (Cm)	Espesor Capa de Base Triturada Estabilizada con Cemento (Cm)	Subbase Granular (Cm)	Terracería Mejorada (Cm)	Total (Cm)
10 años	7.50	15.00	22.00	60.00	104.50
15 años	8.00	18.00	24.00	60.00	110..00
20 años	10.00	20.00	20.00	60.00	110.00

4.3.3.8.5 Método de Diseño del Instituto del Asfalto

El método más reciente del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica, editado en 1991 y publicado en 1993, presenta algunos cambios significativos, respecto a los métodos anteriores para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles. El método se basa principalmente en la aplicación de la teoría elástica en multicapas, que utiliza resultados de investigaciones recientes por parte de ese organismo. Sin embargo, se reconoce que, por los avances en la tecnología de los pavimentos asfálticos, se requieren más conocimientos sobre las propiedades de los materiales para las necesidades actuales de los sistemas carreteros, por lo que el método vigente, probablemente requiera revisión e implementación futuras.

El manual presenta un procedimiento de diseño para obtener los espesores de la sección estructural de pavimentos, donde se utilizan el cemento y las emulsiones asfálticos en toda la sección o en parte de ella. Se incluyen varias combinaciones de superficies de rodamiento con concreto asfáltico, carpetas elaboradas con emulsiones asfálticas, bases asfálticas y bases o subbases granulares naturales.

4.3.3.8.5.1 Estimación del tránsito.

El método actual distingue el “Período de Diseño” del “Período de Análisis”, de la siguiente manera:

Un pavimento debe ser diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito para cualquier período de tiempo; el período seleccionado, en años, se define como “Período de Diseño”. Al término de éste, se espera que el pavimento requiera alguna acción de rehabilitación mayor, como puede ser una sobrecarpeta de refuerzo para restaurar su condición original. La vida útil del pavimento, o “Período de Análisis”, puede ser extendida indefinidamente, a través de sobrecarpetas u otras acciones de rehabilitación, hasta que la carretera sea obsoleta por cambios significativos en pendientes, alineamiento geométrico y otros factores. En la versión reciente, el método considera períodos de diseño de uno a 35 años y tasas de crecimiento del tránsito del 2 al 10% anual. (Ver Tabla 3.1).

Figura 71. Períodos de diseño en años y tasas de crecimiento del tránsito

Período de Diseño, años (n)	Tasa Anual de Crecimiento, en por ciento.						
	2	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.2 8	164.4 9
35	49.99	73.65	90.32	111.4 3	138.2 4	172.3 2	271.0 2

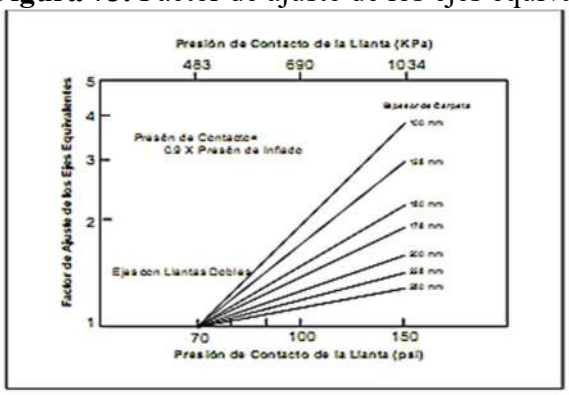
Para el cálculo del porcentaje de camiones en el flujo vehicular sobre el carril de diseño, el actual método recomienda los siguientes valores:

Figura 72. Flujo vehicular sobre el carril de diseño

Nº DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	% DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45
6 ó más	40

Un punto importante que se hace notar es que, para el cálculo de los ejes equivalentes, el método vigente recomienda utilizar la metodología de la AASHTO, en su versión 1993 (incluida en este trabajo).

Figura 73. Factor de ajuste de los ejes equivales por presión de la llanta.



Habiéndose obtenido los coeficientes por cada eje o conjunto de ejes, la suma proporcionará el coeficiente total de equivalencia del vehículo. Utilizando el factor o tasa anual de crecimiento del tránsito señalado en la Tabla 3.1, y multiplicándolo por los coeficientes totales de equivalencia y por el número de vehículos del aforo del tránsito promedio anual, se obtienen los ejes equivalentes acumulados reales para el período de diseño considerado.

Como innovación en la versión actual, el método incorpora factores de ajuste de los ejes equivalentes de diseño, para diferentes presiones de contacto de las llantas sobre el pavimento, en función de su presión de inflado y de los espesores de la carpeta asfáltica, donde contempla desde cuatro hasta diez pulgadas de espesor (10 y 25 cm respectivamente). Ver Figura 3.1.

Es importante hacer notar, que dentro de las innovaciones que presenta el método de diseño del Instituto del Asfalto, además de las anteriormente descritas (teoría elástica multicapas, cementos y emulsiones asfálticas, períodos de diseño de 1 a 35 años, ejes equivalentes con metodología AASHTO, factor de ajuste para diferentes presiones de contacto de llantas, módulo de resiliencia de diseño, correlación del Mr con VRS, pruebas índice según ASTM o AASHTO para compactación), el método contempla factores de medio ambiente y varios tipos o clases de asfalto según las necesidades particulares de los usuarios. Esto es, tres diferentes temperaturas, según la región donde se pretenda construir el pavimento, climas fríos, templados y calientes, 7ºC, 15.5ºC y 24ºC, respectivamente, empleando cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC-40, recomendándose la clasificación siguiente:

Figura 74. Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima

CLIMA	TEMPERATURA	GRADOS DE ASFALTO
Frío	Menor o igual a 7°C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7 y 24°C	AC-10, AC-20
Caliente	Mayor de 24°C	AC-20, AC-40

En cuanto a requerimientos de espesores mínimos, en función del nivel de tránsito en ejes equivalentes, el método recomienda los siguientes valores:

A) Para superficies de concreto asfáltico construido sobre bases emulsificadas:

Figura 75. Espesores mínimos de carpeta asfáltica, de acuerdo al nivel de tránsito.

NIVEL TRÁNSITO EN EJES EQUIVALENTES	ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA EN CM (1)
10,000	5.0
100,000	5.0
1'000,000	7.5
10'000,000	10.0
Mayor de 10'000,000	13.0

1) Podrá usarse concreto asfáltico o mezclas asfálticas emulsificadas Tipo I con un tratamiento superficial, sobre bases asfálticas tipo II o Tipo III. Tipo I: Mezclas elaboradas con agregados, textura cerrada. Tipo II: Mezclas elaboradas con agregados semi-procesados. Tipo III: Mezclas elaboradas con arenas o arenas-limosas.

B) Para superficies de concreto asfálticos construidos sobres bases granulares sin estabilizar:

Figura 76. Espesores de superficie de concreto asfáltico sobre bases granulares sin estabilizar

NIVEL TRÁNSITO EN EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN TRÁNSITO	ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA EN CM
Hasta 10,000	Ligero	7.5 (2)
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10.0
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 ó más

(2) Para pavimentos de una sola capa formada con concreto asfáltico (full - depth) o pavimentos con emulsiones asfálticas, se requiere un mínimo de 10 cm.

4.3.3.8.5.2 Cálculos de espesores de diseño

El método más reciente del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica, proporciona para el diseño final de los espesores de la sección estructural del pavimento flexible, 18 gráficas o cartas de diseño en sistema métrico y 18 en sistema inglés, las cuales cubren todas las variables involucradas en los párrafos anteriores de este trabajo. Se presentan en el método gráficas con escalas logarítmicas para las tres condiciones climáticas consideradas, con el total de ejes equivalentes sencillos acumulados en el período de diseño y el Módulo de Resiliencia de diseño de la capa subrasante, para obtener los espesores finales de pavimentos de una sola capa formada con concreto asfáltico (full - depth), pavimentos elaborados con emulsiones asfálticas tipos I, II y III y bases granulares sin tratamiento con espesores de 15 y 30 cm. Las gráficas 7ºC deberán emplearse para temperaturas menores o iguales a 7ºC, las gráficas 24ºC para temperaturas de 24ºC o mayores y las gráficas 15.5ºC para temperaturas intermedias.

4.3.3.8.5.3 Aplicación al Proyecto

Tabla 138. Tránsito.

Periodo (Años)	ESALES Semiflexibles
10	550,293
15	955,627
20	1,481,203

Tabla 139. Subrasante

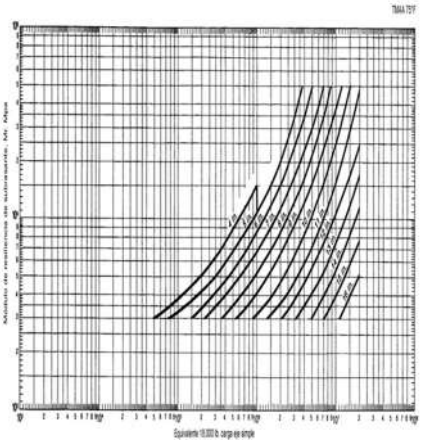
Periodo (Años)	CBR de Diseño	Modulo Resiliente (MPA)
20, 15 Y 10	4.00	41.36

Espesor de Base Triturada: 30 centímetros

Selección de la sección flexible

En la figura 7-27 del Instituto de Asfalto que corresponde a una temperatura de Media Anual del Aire de 75ºF (24ºC) y bases sin tratamiento de 30 centímetros. Se parte del eje horizontal en donde están las cargas de eje equivalente y de la vertical con el módulo de la subrasante en Mpa=31.03, en donde se interceptan las dos líneas obtenemos el espesor de mezcla a asfáltica.

Figura 77. Agregado de base de 12 pulgadas de espesor



Resumen de Resultados Pavimento De Mezcla Asfáltica Método Instituto Del Asfalto

Tabla 140. Resumen de Pavimento de Mezcla Asfáltica Método Instituto de Asfalto**.**

Periodo	Espesor Capa de Rodamiento (Cm)	Espesor Capa De Base Estabilizada Con Cemento (Cm)	Espesor Capa De Base Granular (Cm)	Total (Cm)
10 años	19.00		30.00	49.00
15 años	23.00		30.00	53.00
20 años	33.00		30.00	63.00

4.3.3.8.6 Alternativas Propuestas.

Alternativas de diseño

Se plantean las Alternativas de Diseño Estructural de pavimento siguiente:

- (b) Estructura empleando una placa de hormigón para la capa de rodamiento, colocadas sobre una capa base de material granular estabilizado con cemento hasta lograr la resistencia mínima a la compresión de 21 kg/ cm^2, la cual, a su vez, estará soportada por una capa de terracería mejorada.
- (a) Estructura empleando capas asfálticas (MAC) para la capa de rodamiento, colocadas sobre una capa base de material granular estabilizado con cemento hasta

lograr la resistencia mínima a la compresión de 21 kg/cm^2 y sub-base de material granular, colocado sobre una capa de terracería mejorada.

- (c) Estructura empleando adoquines de concreto de 10 cms de espesor y TIPO TRAFICO de 3500 psi de resistencia a la compresión para la capa de rodamiento, colocadas sobre una capa base de material estabilizado con cemento hasta lograr la resistencia mínima a la compresión de 21 kg/cm^2, a los 7 días y sub-base de material granular, colocado sobre una capa de terracería mejorada.

4.3.3.8.7 Evaluación Económica de las Alternativas

A fin de poder seleccionar la alternativa óptima entre las propuestas, se ha realizado una evaluación económica de las estructuras de pavimento propuestas tomando como base los precios unitarios locales para valorar los costos de construcción y parámetros usuales en la evaluación de los costos de mantenimiento de concreto hidráulico y asfalto se ha preparado una matriz de costos, que se muestra a continuación.

Figura 78. Alternativa: Concreto hidráulico.

ALTERNATIVA: CONCRETO HIDRAULICO

Paridad del Dólar con respecto al Córdoba (Mayo de 2024) **36.85**

CODIGO	DESCRPCION	U.M.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD$)	COSTO TOTAL (USD$)
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
	Capa de Agregados Naturales tratados con cemento, f´c= 21 Kg/cm2 a los 7 días	m^3	21,946.95	66.00	1,448,498.94
	Pavimento de Concreto Hidraúlico Reforzado, 180 mm de espesor	m^2	99,758.88	75.27	7,508,850.90
	Terracería Mejorada	m^3	43,893.91	10.15	445,523.16
COSTO DE OBRAS SIN IMPUESTOS					**9,402,873.00**
IMPUESTO MUNICIPAL (1%)					**94,028.73**
I.V.A. (15%)					**1,410,430.95**
COSTO TOTAL CON IMPUESTOS					**10,907,332.68**
	Costo por Kilometro (Sin Impuestos)	Kms	10.68	880,418.82	
	Costo por Kilometro (Con Impuestos)	Kms	10.68	1,021,285.83	

Figura 79. Alternativa: Carpeta asfáltica.

ALTERNATIVA: CARPETA ASFALTICA CON POLIMEROS MODIFICADOS

Paridad del Dólar con respecto al Córdoba (Mayo de 2024) **36.85**

CODIGO	DESCRPCION	U.M.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD$)	COSTO TOTAL (USD$)
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
	Capa de Agregados Naturales tratados con cemento, f´c= 21 Kg/cm2 a los 7 días	m^3	21,946.95	66.00	1,448,498.94
	Sub Base Granular	m^3	21,946.95	10.22	224,297.87
	Emulsión Asfáltica CSS-1 para imprimación	Lt	94,272.14	1.61	151,778.15
	Carpeta Asfáltica con Polímeros Modificados	m^3	10,973.48	310.69	3,409,349.51
	Terracería Mejorada	m^3	65,840.86	10.15	668,284.74
COSTO DE OBRAS SIN IMPUESTOS					**5,902,209.21**
IMPUESTO MUNICIPAL (1%)					**59,022.09**
I.V.A. (15%)					**885,331.38**
COSTO TOTAL CON IMPUESTOS					**6,846,562.68**
	Costo por Kilometro (Sin Impuestos)	Kms	10.68	552,641.31	
	Costo por Kilometro (Con Impuestos)	Kms	10.68	641,063.92	

4.3.3.8.8 Recomendaciones Técnicas Generales

Los materiales ubicados en la futura carretera son considerados en su mayoría como NO APROVECHABLES como materiales para la conformación de la sub-rasante de la plataforma del camino debido a que a lo largo del camino aparecen los materiales indeseables tipo A-7-5 y A-7-6, además de la sub excavación será necesario que el ingeniero vial suba la rasante de forma de evitar quedar los más alejado posible a estos estratos.

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

La compactación se empezará de los bordes hacia el centro, y se efectuará hasta alcanzar el 95% ó más de la máxima densidad seca del ensayo Próctor modificado (ASTM D 698 ó AASHTO T-180, método D) en suelos friccionantes y 95 % en suelos cohesivos (AASHTO T-99), y en suelos granulares hasta alcanzar el 100% de la máxima densidad seca del mismo ensayo.

La subrasante se aplicará lo especificado en las Normas Nic-2000 en la Sección 208.- Acabado de la Sub-Rasante.

Con respecto a los materiales a emplearse se deberá cumplir con lo estipulado en los artículos relacionados Materiales para Capa Superior de Terraplén, Préstamo Selecto Artículo-1003.24F, o con lo estipulado para el Material Selecto para Capa Superior del Terraplén Artículo-1003.24G. Como Requisitos para la Construcción para Superficies Nuevas, se debe de cumplir con que después de que la terracería haya sido sustancialmente terminada a todo el ancho de la vía o calle, la superficie de la subrasante deberá ser acondicionada mediante la remoción de cualquier material blando o inestable que no se compacte debidamente o no sirva para el fin propuesto. De encontrase este tipo de material, es importante evaluar la posibilidad de emplear algún tipo de estabilización mecánica o química.

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

4.4 Formular un Plan de Gestión Ambiental (PGA) y analizar la viabilidad financiera de las alternativas de mejoramiento del camino, con el fin de determinar la opción más viable para su ejecución.

4.4.1 Programa de Gestión Ambiental y Social (PGAS)

A continuación, se presenta cada uno de los subprogramas que integran este Programa de Gestión Ambiental y Social del Proyecto (PGAS).

4.4.1.1 Subprograma de Medidas Ambientales

El sub programa de implantación contiene el control y seguimiento ambiental y medirá la efectividad de la gestión ambiental desarrollada de forma simultánea a la ejecución del proyecto con miras a desarrollar una efectiva gestión ambiental y un correcto desarrollo de todas las medidas de mitigación. Para ello se consideran los aspectos siguientes:

a. Revisar en forma continua los objetivos y metas de las fases de planificación e Implementación tanto por parte de la UGA de la Empresa como por parte de la supervisión, para realizar los ajustes que requiera el PGAS.
b. Garantizar los recursos humanos, físicos y económicos de parte del contratista y el proyecto en general, necesarios para una correcta y efectiva aplicación de las medidas del PGAS.
c. Capacitar de forma continua a todo el personal involucrado de forma directa e indirecta con el proyecto para lograr un desempeño ambiental adecuado.
d. Crear un sistema de reportes y registros que garantice el seguimiento continuo de las medidas ambientales de cada actividad del proyecto.
e. Implementar una adecuada participación comunitaria y el mayor beneficio social del proyecto objeto de la gestión ambiental.
f. Todos los programas componentes del PGAS deben de ser implementado por El Contratista, el cual, realizará la coordinación con las demás Instituciones públicas, tales como: MARENA, Policía Nacional (PN), Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio del Trabajo (MITRAB), Instituto Nacional Forestal (INAFOR), Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres Naturales (SINAPRED), Ministerio de Energía y Minas (MEM), entre otras; para un efectivo cumplimiento del Programa.

Para esto, la empresa contratista, a través de su Gerencia de Medio Ambiente, ejecutará los subprogramas que conforman el PGAS. En este marco de deben de tener en cuenta algunos aspectos de relevancia, los cuales definimos a continuación:

- **Contratación inminente de un Especialista Ambiental del Contratista**

La función del especialista ambiental es asegurar el desarrollo de los diversos subprogramas del PGAS, los componentes ambientales contenidos en los planos de diseño; así como, en implementar las medidas ambientales de la problemática que surjan de la ejecución de las obras.

El PGAS está orientado a prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales generados por el proyecto. El desempeño del especialista ambiental será evaluado por la supervisión del proyecto. El especialista ambiental deberá preparar un informe mensual que presentará a la supervisión del proyecto, cuyo contenido será orientado por loa UGA-MTI.

- **Libro de Bitácora o Libro Ambiental**

De acuerdo con la práctica que ha establecido el MTI para todos los proyecto de esta tipo, el libro de registro de incidencias ambientales mejor conocido como Bitácora o Libro Ambiental, se implementará en este proyecto, consiste en un libro tipo bitácora que se apertura al inicio del proyecto, en dicho libro se anotarán: los acuerdos de reuniones, recomendaciones del supervisor, recomendaciones del MTI, así como las justificaciones de carácter técnico y comunicaciones entre las partes, todas ellas están encaminadas en el desarrollo integral del plan de gestión ambiental.

El objetivo del libro servirá para consensuar la implementación de acciones que de manera coordinada se establezcan para beneficio del proyecto y del medio ambiente. El libro de registro de incidencias ambientales estará bajo custodia de la Supervisión del proyecto, autorizado por el MTI.

- **Reunión de Entendimiento Ambiental**

De igual manera, en base a la experiencia para este tipo de proyecto, en la reunión de pre construcción (MTI – Contratista – Supervisión), se acuerda la reunión de entendimiento ambiental, siendo está reunión donde se establecerán las fechas de entrega de los diversos planes de trabajo iniciales y la ejecución de los subprogramas de educación vial – ambiental y capacitación de Seguridad e Higiene Laboral.

4.4.1.2 Subprograma de Capacitación y Educación Ambiental

Para realizar esta actividad se coordinó con las diferentes delegaciones del Ministerio de Educación (MINED) de El Rosario, Masatepe y Niquinohomo, para su involucramiento en la ejecución de dichos eventos.

Se estableció contacto y coordinación con las autoridades de tránsito de la Policía Nacional de dichos municipios, para que los oficiales designados impartan el contenido de los talleres, usualmente se abordan temas tales: Tipos de vías, uso de la calle por el peatón, señales de tránsito, el ciclista entre otros.

Se recomienda realizar 2 talleres en el Municipio de Niquinohomo. Para la parte de El Rosario y Masatepe sugiere la fusión de las escuelas del Municipio El Rosario y Masatepe para realizar otros dos talleres. En total se ejecutarán 4 talleres, los cuales deberán ser programados uno al inicio de las obras y el segundo durante la fase de intermedio de la ejecución de las mismas. Basados en los datos de la población estudiantil, así como las condiciones de los centros escolares; los talleres serán distribuidos en las siguientes temáticas:

- Señales de Tránsito.
- Deberes y derechos de los peatones.
- Cruce de Peatones en zona escolar.
- Como debemos caminar por la carretera,
- Comportamiento del Peatón al abordar el bus.
- Principales causas de accidentes con peatones.

Se recomienda que los talleres se ejecuten en los centros escolares que presten las condiciones óptimas y necesarias para un ambiente de aprendizaje, como puede ser escuela del Dr. Manuel Antonio Aguirre y Las Crucitas (Lugar recomendado por el MINED).

Los participantes para estos talleres serán docentes, padres de familias, alumnos, técnicos del MINED, y representantes de la Unidad de Gestión Ambiental MTI, participando 40 personas por cada taller**.** Para el número de participantes, se toma el criterio pedagógico de favorecer

la Atención del Mensaje de los participantes para que estos sean multiplicadores de los conocimientos adquiridos.

También se considerará el pago por transporte a los alumnos, docentes participantes que viajarán desde sus centros escolares y un estipendio a los agentes de tránsito que impartirán el taller. A continuación, se detallan los costos:

Tabla 141. Costos de Ejecución Talleres

CENTRO ESCOLAR	CONCEPTO	PARTÍCIPES	CANTIDAD TALLERES	COSTO UNITARIO U$S	TOTAL U$S
	Refrigerio y almuerzo.	160 (10 U$S por usuario)	4	400.00	1,600.00
	Transporte (alquiler).		4	100.00	400.00
	Material didáctico: lapiceros, libretas, papelógrafos marcadores, folletos ilustrativos.	Global		150.00	300.00
	Estipendio a colaboradores: Policías	2	4	50.00	200.00
	Otorgamiento de 2 conos de seguridad 20 pulgadas por cada centro escolar.	4 colegios (8 conos 20 pulgadas)		15.00	120,00
TOTAL,	**U$S 2,620.00**				

El costo por cada taller asciende a U$ 655.00 (seiscientos cincuenta y cinco dólares netos).

- **Responsable de la ejecución**

El equipo socio-ambiental del Contratista con el apoyo del equipo de la empresa supervisora, en coordinación con técnicos de las Alcaldías de El Rosario- Masatepe y Niquinohomo, el Ministerio de Educación, el MTI (Unidad de Gestión Ambiental) y la Policía Nacional.

Estos talleres se llevarán a cabo durante la fase de construcción y según el calendario establecido por el equipo socio ambiental del contratista. Para la invitación de los Talleres, debe procurase, brindar a las mujeres y a los hombres la misma oportunidad de participación, es un espacio idóneo para promover la equidad de Género.

4.4.1.3 Subprograma de Contingencias

La aplicación del Plan de Contingencias es para las etapas de construcción, operación y abandono del proyecto, teniendo como responsable de la implementación y desarrollo del plan durante la etapa de construcción al Contratista, y durante la operación del proyecto al MTI.

- **Objetivos**

1. Prevenir y/o mitigar los posibles daños que podría ser originados por desastres y/o siniestros naturales y por las inadecuadas acciones de los trabajadores del proyecto; cumpliendo los procedimientos técnicos y controles de seguridad.
2. Establecer acciones de control y rescate, durante y después de la ocurrencia de desastres.
3. Identificar las áreas más vulnerables ante los Riesgos de mayor ocurrencia y establecer las medidas y acciones correspondientes.
4. Establecer medidas que aseguren brindar una oportuna y adecuada atención a las personas lesionadas durante la ocurrencia de una emergencia.
5. Establecer acciones operativas para minimizar los riesgos sobre trabajadores, terceros, instalaciones e infraestructura asociada al Proyecto.

- **Alcances:**

El Plan de Contingencias será orientado para todos los trabajadores, habitantes vecinos e infraestructura en el área de influencia directa del proyecto, a fin de que durante los eventos de origen natural o humano que podrían ocurrir en estas zonas, se pueda garantizar:

- La integridad física del personal y de los pobladores vecinos a la obra.
- Salvaguardar la infraestructura y equipamiento del proyecto
- Minimizar los estragos producidos sobre el medio y su entorno.

- **Organización: Unidad de Contingencia**

El Contratista creará una Unidad de Contingencias para prevenir y atender posibles contingencias, sus funciones básicas son: programar, dirigir, ejecutar y evaluar el desarrollo del plan, organizando asimismo las brigadas de contingencias y manteniendo coordinaciones permanentes con entidades de apoyo externo, tales como, SINAPRED, Defensa Civil el Cuerpo General de Bomberos (Niquinohomo y La Paz Carazo) y la Policía Nacional. Para enfrentar las posibles contingencias la empresa que desarrollará el proyecto dispondrá de las siguientes organizaciones operativas:

1. Brigada contra Incendios y Otras Emergencia
2. Brigada de Control Eléctrico (para las instalaciones conexas)
3. Brigada de Primeros Auxilios y Rescate y Evacuación

- **Organización del Personal**

Los empleados y contratistas tienen el compromiso de:

1. Proteger la vida, la salud y buscar proactivamente la forma reducir los impactos ambientales, en todas las actividades.
2. Cumplir con las leyes nacionales, los estándares internacionales e implementar las mejores prácticas en todas las actividades.
3. Identificar y gerenciar proactivamente los riesgos que afecten el ecosistema en el área de influencia directa e indirecta del proyecto.
4. Detener y reportar a la Gerencia cualquier situación insegura o incontrolada.
5. Mantener relaciones sostenibles con las comunidades.

La Gerencia de la empresa constructora será responsable de:

1. Asegurar que todos los riesgos relevantes al desarrollo sostenible hayan sido identificados, que se cuenten con planes de acción, recursos y que se apliquen procedimientos efectivos para gerenciar esos riesgos.
2. Establecer y administrar objetivos precisos, con indicadores que midan el desempeño económico, la preservación ambiental y de la vida y la relación con las comunidades vinculadas al proyecto.
3. Monitorear y evaluar, en base a esos indicadores, de manera sistemática y transparente, el desempaño de la empresa, empleados, contratistas, retroalimentando los resultados para realizar mejoras continuas a los aspectos fundamentales de la Empresa.
4. Asegurar que esta Política esté instituida en todos los procesos del diario accionar y que se refleje en la cultura riesgos de MTI y sus contratistas.

- **Entrenamiento del Personal**

Todo el personal que forme parte del equipo de respuestas o de emergencias, deberá ser adecuadamente entrenado en la operación y mantenimiento de los equipos para prevenir daños Se desarrollarán varias sesiones para informar, instruir y entrenar al personal del contenido del plan de contingencia y del programa de respuestas a emergencias, asegurando que el personal posea un completo entendimiento de las acciones específicas de los mismos y de la forma como el equipo de respuesta a emergencias será organizado.

- **Equipos, materiales y medidas de prevención**

Todos los sitios de trabajo contarán con equipos de comunicación. En forma externa a la operación, también se mantendrán comunicaciones con los hospitales de la zona y servicio de bomberos cercanos. Los sitios de construcción estarán dotados del siguiente equipo:

1. Extintores: Estarán dispuestos en lugares visibles a lo largo de las instalaciones de trabajo. Todo el personal deberá estar entrenado en el uso de estos equipos.
2. Herramientas (palas, picotas, recipientes)
3. Ropa de protección: incluyendo casco, oídos, guantes, botas de seguridad, respiradores y todo el EPP requerido para la actividad.
4. Kit para derrames (botas, guantes, membranas, paños absorbentes, bolsas y otros).
5. Área de encuentro: Se localizará un lugar establecido para concentrar al personal en caso de incendios. Este punto estará dispuesto con los equipos necesarios de protección al personal y equipos de combate de incendios.
6. Botiquín: El contratista deberá garantizar una persona capacitada en primeros auxilios para atender al personal en casos de emergencia y contará con medicamentos y materiales de primeros auxilios.
7. Vehículo 4x4 para traslado de pacientes y equipada con lo necesario para la atención de una emergencia.
8. Medidas de Contingencia por Tipo.

Como resultado del análisis de riesgo se lograron identificar los siguientes riesgos:

- **Riesgos Naturales y antrópicos**

1. Riesgo Sísmico
2. Riesgo por Huracanes
3. Riesgo por Inundación (esto aplica para los sitios de construcción de cauces y resto de obras hidráulicas, en el entendido que no son proceso de inundación, si no, escurrimientos normales dentro de los cauces o el sistema natural de drenaje).
4. Riesgo de Incendio
5. Riesgo por mordedura y/o Picaduras de Animales e Insectos
6. Amenaza por Descarga eléctrica atmosférica.

Dado esto se considera los riesgos de la actividad al ambiente:

1. Accidentes
2. Falla de Equipos o Infraestructura
3. Derrames de Aceites y Combustibles
4. Actos mal intencionados de terceros

Los riesgos que pueden presentarse durante las diferentes etapas que conlleva el proyecto son muy similares, las variaciones están dadas por la probabilidad de ocurrencia debido a las actividades que se desarrollen y la magnitud con la que ocurran. En este sentido, es importante tener en cuenta que el análisis de las contingencias que se presenta a continuación es general se basa en las diferentes tareas que conlleva el Proyecto independientemente de la etapa en la que se ejecuten. A continuación, se presentan las principales medidas a considerar en el marco del Plan de Contingencias:

Tabla 142. Medidas para el Riesgo por sismo

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
Descripción de las acciones a ser desarrolladas: Antes del evento 1. La zona es presenta una amenaza alta por sismos; existen una serie de epicentros a lo largo del tramo del camino, por lo que ante esta situación el personal de la empresa contratista capacitará a los trabajadores en el tema, en el sitio de trabajo contará con la logística para la actuación ante cualquier evento. 2. Los trabajadores en general recibirán un instructivo básico sobre qué hacer en situaciones de sismos. 3. Los empleados recibirán instrucción para que evacuen ordenadamente los sitios donde se pueda producir la caída de alguna estructura, por ejemplo, oficinas, cables de conexión eléctricas, postes, etc. 4. En todos los frentes de obra e instalaciones se identificarán zonas de seguridad para estos casos. Durante el evento 1. El personal mantendrá la calma y se refugiará en los lugares previamente señalizados como zonas seguras. 2. De encontrarse dentro de edificaciones como oficinas, talleres, bodegas se alejará de estantes y objetos altos que puedan caerse, así como de ventanas y vidrios. 3. Si el sismo ocurriese durante la noche se utilizarán linternas. 4. Evacuar a todo personal hacia zonas de seguridad y fuera de zonas de trabajo. 5. Paralización de las operaciones de maquinarias y/o equipos a fin de evitar accidentes. De ser el caso, proceder a cortar la energía eléctrica de campamentos y talleres. Después del evento 1. Si fuese necesario el personal accidentado será trasladado al centro médico del campamento o al centro de salud más cercano, dependiendo de la gravedad de sus lesiones. 2. Se retirará de la zona de trabajo toda maquinaria y/o equipo que haya resultado averiado y/o afectado, así como de los elementos afectados que conforman las instalaciones e infraestructura de apoyo (campamentos) de la obra; se debe de tener especial atención en los sitios de trabajos en puentes y alcantarillas y en los bancos de materiales a aprovechar. 3. Se ordenará y disponer que el personal mantenga la calma ante las posibles réplicas del movimiento telúrico. 4. Pasado el sismo el personal técnico del proyecto hará una revisión total de las instalaciones físicas del proyecto. 5. Los empleados retornarán a sus puestos de trabajo hasta que se haya realizado una valoración de la amenaza sísmica y que ésta no representa ya peligro para el personal, con información oficial de las autoridades competentes. 6. Las operaciones se reanudarán cuando las autoridades competentes oficialicen que el peligro ha cesado.

Tabla 143. Medidas para el Riesgo por Huracanes

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
Medidas a considerar en el caso de un evento ciclónico: Antes 1. Todo el personal debe de estar pendiente de las informaciones de SINAPRED en torno a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos. 2. Evacuar al personal de instalaciones de trabajo, campamentos y otras instalaciones, hacia zonas de seguridad, previamente identificados como áreas de refugios para estos efectos; se debe de tener especial atención en los sitios de trabajos en puentes y alcantarillas y en los bancos de materiales a aprovechar. Durante 1. Todo el personal será informado de la amenaza inminente en caso que se aproxime un huracán. 2. El Ingeniero jefe de Proyecto asumirá la dirección de la ejecución del plan contingente. 3. Se desmontarán rótulos, objetos y equipos que pueden ser arrastrados por el viento. 4. Se interrumpirá el fluido eléctrico en las oficinas, talleres y otras instalaciones energizadas. 5. Se desconectarán los equipos de oficina en las subestaciones si fuese necesario. Después 1. Pasada la emergencia se hará una evaluación de la seguridad de todos los componentes del proyecto. 2. Inspeccionar el área verificando la presencia de afectados por el evento. Si fuese necesario de traslado de personal afectado se procederá de inmediato a establecer los enlaces para realizar el traslado hacia centros de asistencia médica. 3. Inspeccionar las instalaciones para evaluar el nivel de daño (leve, grave, muy grave), dependiendo de la magnitud se considerará la necesidad de evacuar al personal en riesgo y suspender las actividades que así lo ameriten. 4. Evaluar los daños y organizar las labores de reparación 5. Evaluar la respuesta de la estructura para la atención de esta emergencia, recolectar las evidencias y realizar los ajustes necesarios al plan de emergencia para huracanes.

Medidas para el Riesgo por Inundaciones

Se entiende este proceso, como al flujo de agua en los cauces y sistema natural de drenaje existente.

Tabla 144. Medidas para el Riesgo por Inundaciones

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
A como hemos mencionado, las inundaciones que se producen en la zona del proyecto están referidas a zonas d intersección del camino con los cauces; en otras palabras, son procesos de exceso de escorrentía en el drenaje natural de la zona y en su intersección con el camino. Finalmente, en los sitios donde se realizan excavaciones para la construcción de infraestructuras diversas, pueden ocurrir anegaciones que puedan afectar tanto al trabajador como la estructura del proyecto. Medidas preventivas (antes) 1. Identificar los puntos en un mapa que debe de ser del conocimiento de todos y cada uno de los trabajadores. 2. Colocar rótulos alusivos a Inundaciones en las intersecciones con los cauces y en los sitios de excavaciones. 3. Colocar obras para evitar inundaciones en sitios de excavaciones, como muros con sacos llenos de tierra o material selecto, entre otros de importancia. 4. Mantenimiento periódico de las obras de drenaje sistema de drenaje pluvial. Medidas para enfrentar inundaciones o anegación de agua en los sitios de trabajo 1. Estar pendiente de las noticias en relación con la ocurrencia de tormentas. 2. Una vez que los supervisores y el personal se percaten de las señales de alerta y aviso de condición de emergencia, procederán a evacuar las instalaciones, en forma sistemática, ordenada, calma y segura. 3. Los supervisores de turno facilitaran la evacuación 4. Al momento de evacuar use las rutas de evacuación más cercana hacia la zona de seguridad o punto de reunión. 5. No se exponga, recuerde siempre que su seguridad es lo primero, evacue el área. No realice acción alguna si no está seguro o capacitado. 6. El personal deberá conocer la ruta de escape y saber dónde se ubican los puntos de reunión más cercana. 7. Cada supervisor deberá encargarse de verificar que todo su personal haya evacuado el punto de interesa a lo largo del camino. Si falta algún empleado avisar. 8. Las brigadas convocadas acudirán al lugar de la emergencia, provistas de todo el equipamiento necesario, que es equipo de protección personal y equipo de rescate. 9. Al llegar al lugar de la emergencia, asegure el área y proceda a atender a las personas afectadas de ser el caso. 10. Inician las maniobras de control, de acuerdo a las circunstancias y bajo la orden del Jefe de Brigada. 11. La Brigada procede a dar los primeros auxilios a la (s) víctimas y su traslado a un centro asistencial o al hospital y proceder al tratamiento médico correspondiente. 12. El reporte completo de las acciones de evacuación realizadas, será entregado al mando superior. Con la información anterior, la Unidad de Medio Ambiente y seguridad, conjuntamente con la brigada de rescate y evacuación, concluirán sobre la eficacia de la evacuación y las medidas a ejecutarse en el futuro inmediato. Después de la inundación y/o anegación o de la llena del cauce o drenaje natural con la intersección del camino. 1. Efectuar una previa inspección a la zona afectada.

2. Ayudar en la evacuación de personas y propiedades.
3. Beber únicamente agua hervida.
4. Colaborar con la limpieza de los desagües y acequias para evitar la obstrucción de éstos, que ocasionan perjuicios a la salud.
5. Con mucho cuidado, eliminar los desechos y la basura, para evitar epidemias.
6. Ayudar en la reprogramación de las actividades para reducir las pérdidas e interrupciones causadas por las inundaciones.

Tabla 145. Medidas en caso de riesgo por incendios

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.

Riesgo de Incendio

El riesgo de incendio puede ocurrir en la zona aledañas de cultivo y en zonas donde hay exceso de vegetación cortada seca; en sitios de oficinas donde hay corrientes eléctricas energizando instrumentos de trabajo u oficinas, por causa de un rayo, entre otros.

Consideraciones para la disposición y el uso de extintores:

1. Durante la etapa de trabajo de campo los extintores deberán encontrarse en lugares apropiados y de fácil acceso; en las oficinas, bodegas o talleres deberán estar dispuestos en lugares que no puedan quedar bloqueados o escondidos detrás de materiales, herramientas, o cualquier objeto; o puedan ser averiados por maquinarias o equipos; o donde obstruyan el paso o puedan ocasionar accidentes o lesiones a las personas que transitan.
2. Todo extintor deberá llevar una placa con la información sobre la clase de fuego para el cual es apto y contener instrucciones de operación y mantenimiento.
3. Cada extintor será inspeccionado con una frecuencia bimensual, puesto a prueba y mantenimiento, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; asimismo, deberá llevar un rótulo con la fecha de prueba y fecha de vencimiento.
4. Si un extintor es usado, se volverá a llenar inmediatamente; o si es necesario proceder a su reemplazo inmediato.
5. El procedimiento de respuesta ante un incendio debe ser difundido a todo personal que labora en el lugar, además de la capacitación en la localización y manejo de equipo, accesorios y dispositivos de respuesta ante incendios.
6. Capacitar a los trabajadores en la lucha contra incendios mediante charlas de capacitación continua, simulacros, etc. y organizar Brigadas contra incendios en coordinación con el Área de Seguridad y Salud Ocupacional.

Para el manejo de contingencia por eventos de incendios se deberá considerar las siguientes pautas:

1. El personal operativo deberá conocer los procedimientos para el control de incendios, principalmente los dispositivos de alarmas y acciones, distribuciones de equipo y accesorios para casos de emergencias.
2. Se deberá adjuntar una relación de ubicación de los equipos y accesorios contra incendios (extintores, equipos de comunicación, etc.), en el área de trabajo, que serán de conocimiento de todo el personal que labora en el lugar.
3. El personal (administrativo y operativo) debe conocer los procedimientos para el control de incendios; dentro de los lineamientos principales se mencionan:
   - Descripción de las responsabilidades de las unidades y participantes.
   - Distribución de los equipos y accesorios contra incendios en las instalaciones.
   - Ubicar dispositivos de alarmas y acciones para casos de emergencia.
   - Procedimientos para el control de incendios.
   - Organigrama de conformación de las brigadas, en las que se incluye el apoyo médico.

Durante

a. Conato de incendio en los sitios de emplazamiento del campamento u otros sitios que requieran de energización.
1. Interrumpir la alimentación del fluido eléctrico si fuese necesario.
2. La persona que detecta el fuego lo comunica inmediatamente al jefe del proyecto.
3. Los miembros de la brigada contra incendios que laboran en el proyecto inician la lucha por controlar el fuego por medio de extintores de fuego.
4. Todo el personal es alertado del peligro inminente.
5. Si el fuego no es controlable en su primera etapa, se procede como sigue:
6. En todos los sitios, los empleados desactivan sus equipos de trabajo.
7. Todo el personal que no participa en la lucha contra incendio se retira también al sitio de reunión en espera de ser evacuados.
8. Se comunica por teléfono la situación a la Comisión Municipal y al mismo tiempo se comunica a la Policía Nacional de la localidad más cercana al evento, una vez superada la situación de emergencia por incendio, sólo se reiniciarán las labores cuando el jefe del proyecto lo estime conveniente.

b. Caso de incendio o conato en pastizales o matorrales cercanos.

1. Si el personal del proyecto detecta fuego o incendios en predios vecinos lo comunicará en el acto a los propietarios.
2. Si un predio o infraestructura vecina comunica que está enfrentando una situación anómala, el personal del proyecto ubicará el lugar donde se está registrando el siniestro y comunicará al cuerpo de bombero más próximo.
3. Si el incendio o el conato de incendio es muy próximo a los linderos de donde se ejecuta el proyecto se activará el sistema contra incendio y se prepararán las condiciones para suspender operaciones en cualquier momento y colaborar en la extinción del fuego.

c. Incendio de un vehículo

1. Suspender de inmediato el abastecimiento y empujar el vehículo hacia un área alejada, amplia y abierta.
2. Distancia mínima de alejamiento del vehículo siniestrado: cuatro (4) m.
3. Ahogar el fuego inicial con arena o una lona. En caso que continúe, utilizar rápidamente los extintores. Si es en el motor, abrir el capó (no más de lo suficiente) para utilizar el extintor.
4. Emplear la arena para evitar continúe el fuego.
5. Nota: Los trabajadores estarán instruidos para indicar a los conductores de los vehículos (camión cisterna, otros), que no fumen y/o apaguen los motores de sus vehículos, durante la descarga de combustibles.

d. Incendio en general

1. Cortar la energía eléctrica.
2. Utilizar rápidamente: extintores y arena. El agua se empleará sobre fuegos tipo "A".
3. Para afrontar un Incendio en los diferentes equipos eléctricos se seguirá el procedimiento general donde el CO2 y el Polvo Químico Seco serán los elementos extintores del fuego, para ello se utilizarán todos los extintores disponibles en la Central (portátiles y rodante), nunca agua, a menos que esté completamente comprobado que el equipo involucrado en el incendio está totalmente des energizado y aislado y los otros equipos del entorno también lo están, para así evitar mayores desastres.

Después

1. Se realizará una evaluación de daños, en caso de daños a equipos, se solicita el apoyo a las cuadrillas de mantenimiento
2. Reparación y/o demolición en caso de daños mayores.
3. Reparación y restablecimiento de equipos.
4. Limpieza del área afectada, eliminación y retiro de escombros.
5. Elaboración de informe sobre lo actuado y remisión a los superiores.

Tabla 146. Medidas en caso de Mordeduras y/o picaduras

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
Medidas a considerar: 4. Exigir al personal el empleo de ropa de trabajo adecuada que minimice la exposición de la piel a animales causantes de picadura. 5. Instruir al personal sobre los peligros al trabajar en áreas que presenten este tipo de riesgo y las medidas de precaución pertinentes. 6. Mantener un espacio prudencial libre de malezas alrededor de los sitios de trabajo. 7. Precaución, al ejecutar cualquier trabajo en campo abierto. 8. Precaución, al levantar o remover troncos caídos o piedras con las manos. 9. En caso de existencia de panales de abejas de cualquier tipo, nunca acercarse ni molestarlas, para evitar reacciones de defensa de parte de las abejas. 10. Avisar a los supervisores de la existencia de abejas en un sitio en particular. Apoyarse de los bomberos para realizar la evacuación de las abejas. **Actitud frente al mordido** **Primeros auxilios. ¿Qué hay que hacer?** 11. Mantenerlo en reposo, tranquilizarlo y administrarle abundante líquido. 12. En la medida de lo posible identificar a la víbora sin exponerse ni exponer a alguien más al peligro de una mordedura. 13. Mantener el área de la mordedura más baja que el corazón, para evitar que el veneno se esparza más rápido. 14. Apretar en contorno de la herida suavemente con los dedos para provocar la salida de sangre, sin causar más daño en la zona de la herida. 15. Lavar la herida con abundante agua jabón. 16. Transportar inmediatamente al paciente según el caso al hospital de Rama o Juigalpa. 17. Inmovilizar la parte afectada empleando férula, entablillado u otros. **Qué no se debe hacer** 18. No dar al herido bebidas alcohólicas, ni remedios caseros. 19. No aplicar ligaduras ni torniquetes en el brazo o pierna mordidos. 20. No quemar la herida. 21. No cortar la herida. 22. No aplicar desinfectantes. 23. No haga succiones con la boca. En primer lugar, esto favorece la infección en el sitio de la mordedura, además puede ser peligroso si usted tiene alguna carie o lesión expuesta en la boca; y en segundo lugar no se garantiza cuánta cantidad de veneno usted puede retirar con este método. 24. No aplicar suero antiofídico en la herida ni a su alrededor **Cómo prevenir la picadura de un alacrán** 25. Durante el verano se registra mayor presencia de alacranes o escorpiones y es muy frecuente encontrarlos en las noches de mucho calor. La picadura de estos arácnidos es peligrosa debido al veneno que deja en el cuerpo receptor. En ciertos casos puede ser de suma gravedad, por eso es importante extremar las medidas de prevención en los sitios de trabajo. 26. Realizar aseo cuidadoso de las áreas de trabajo. 27. Efectuar control de la basura para reducir la cantidad de insectos (arañas y cucarachas) que sirven de alimento a escorpiones. 28. Evitar acumulación de materiales de construcción, escombros, leña, hojarasca porque suelen ser lugares donde se mantienen, conservan y dispersan. Evitar juntarlos con las manos. 29. Los alacranes pueden encontrarse en áreas rurales (debajo de cortezas de árboles, piedras, ladrillos) **Frente a una picadura de un alacrán** Frente a eventuales picaduras, no realizar tratamientos caseros, aplicar hielo y consultar rápidamente al médico y en lo posible llevar el escorpión para ser identificado (en caso de ser posible) y de esta manera aplicar el procedimiento más adecuado al paciente afectado. **Actitud frente picaduras de abejas (locales o africanizadas)** **Primeros auxilios. ¿Qué hay que hacer?** 1. En la medida de lo posible conocer si el trabajador afectado por picaduras es alérgico a el piquete de abejas. 2. Trasladar de inmediato al paciente hacia una clínica u hospital para que sea tratado con antialérgicos. 3. Realizar posteriormente un monitoreo del estado de trabajador.

Tabla 147. Medidas en caso de Descargas Atmosféricas

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.

Antes

1. Capacitación del personal operador, cuadrillas de mantenimiento, mediante cursos de contra incendio, prácticas y simulacros de siniestros, uso de extintores, etc.
2. Preparación de procedimientos de operación para todas las actividades de riesgo, incluyendo la operación de estos equipos y el sistema de emisión de Permisos de Trabajo, así como supervisión estrecha, a fin de que el personal desarrolle sus funciones en forma eficiente y segura con infraestructura y equipos contra incendio y de protección de las Unidades de transformación, como los sistemas de parada automática, extintores de CO_2 o PQS y finalmente extintores portátiles del mismo tipo para los transformadores de media tensión.
3. Cumplimiento del Plan de mantenimiento preventivo, para el buen funcionamiento de los equipos auxiliares y sistemas de parada automática, revisión y recarga de extintores, etc., en las subestaciones.

Durante

1. Durante la ocurrencia del evento se cortará la energía.
2. Inmediatamente se atacará el siniestro con los equipos y personal asignado en las brigadas contra incendios, de acuerdo a la gravedad del caso se activará el Plan de Llamadas y se pedirá el apoyo de Bomberos de Chinandega y de la Policía Nacional más cercana, etc.

Después

1. Al apagarse el siniestro, el personal deberá evaluar los daños causados por el evento y preparar el informe preliminar para ser entregado a la Gerencia del proyecto, dentro de las 24 horas de la ocurrencia y con los datos solicitados en el formato oficial.
2. Asimismo, de acuerdo con la política de la empresa, se deberá analizar las causas del siniestro y evaluar la estrategia utilizada, así como la actuación de las brigadas contra incendios y de las unidades de apoyo, a fin de aprovechar la experiencia obtenida para corregir errores o mejorar los planes de respuesta.

Se trasladarán las cuadrillas con personal especializado para realizar los daños y restablecer el funcionamiento normal de los equipos.

Impactos sobre el sistema eléctrico de las oficinas, tallares, transformadores, etc.

En caso que las descargas electicas deriven en un incendio en el transformador o en la línea de energía hacia el proyecto se deberá proceder de la siguiente manera:

1. Se informa directamente al Gerente del proyecto, .
2. Donde proceda un trabajador desconectará manualmente la energía eléctrica que alimenta el o los equipos donde se haya detectado el problema, siempre y cuando pueda realizarse en forma segura y no represente riesgo para la vida humana.
3. Si el incendio es de baja magnitud, se hará uso de los extintores portátiles disponibles en la subestación. Para tal efecto, siempre y periódicamente se revisarán para determinar la calidad mecánica de los extintores y del producto usado contra incendios.

En el caso que el incendio no pueda combatirse directamente con los extintores, o bien exista peligro para el personal, las acciones a tomar son:

1. Notificar al Gerente del Proyecto sobre la posibilidad de poder abatir el incendio con los medios al alcance.
2. Notificar inmediatamente a los bomberos más cercana para recibir ayuda.
3. Evacuar al personal hacia el punto de reunión previamente acordado en el plan de capacitación y de simulacros de riesgos.
4. Proceder junto con la brigada de mantenimiento a un inventario de daños y posteriormente realizar informe detallado al respecto para la Gerencia del proyecto, dentro de las 24 horas de haber ocurrido el siniestro.
5. Se trasladarán las cuadrillas con personal especializado para reparar los daños y restablecer el funcionamiento normal del transformador.

Falla de Equipos o Infraestructura y Caída de Cables Energizados

La caída de un cable energizado puede ocasionar accidentes graves, como electrocución de trabajadores, vecinos e incendios de vehículos. El Plan de Contingencia debe actuar rápida y eficientemente para evitar daños al personal e interrupciones de la operación de las redes.

Tareas y responsabilidades

Antes

1. Capacitación del personal para actuar en forma rápida y racional ante emergencias de este tipo de eventos.
2. Proveer al personal de equipos de protección para cubrir la posibilidad de accidentes industriales leves o fatales por electrocución.
3. Instalación de sistemas de protección para cubrir la posibilidad de daños por su caída. Como el interruptor en caso de que sea en la oficinas o resto de edificaciones el proyecto; cuando se trate de LT comunicar inmediatamente a DISSNORTE y/o MTI.

Durante:

La aplicación inmediata de los planes de respuesta por el Plan de Contingencia, ante el aviso de la emergencia.

Después:

La evaluación de los daños al medio ambiente, personal e instalaciones de las redes, para informar a la Gerencia del proyecto en forma correcta y oportuna.

Tabla 148. Medidas en caso de Accidentes

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
Antes 1. Capacitación al personal en seguridad industrial a fin de que no cometa actos inseguros y utilice sus implementos de protección, como casco, botas, anteojos de seguridad, correaje de sujeción, etc. 2. Asimismo, capacitación del personal en el curso de primeros auxilios, a fin de prepararlo para auxiliar al compañero accidentado, hasta la llegada del personal médico o paramédico al lugar del accidente o su traslado a un nosocomio para su atención profesional. 3. Dotación de equipos de protección personal a todos los trabajadores de operaciones y mantenimiento y botiquín con medicamentos e insumos médicos necesarios para actuar ante una emergencia. 4. Preparación de procedimientos de trabajo y obligatoriedad de su cumplimiento, así como la supervisión minuciosa de los trabajos de riesgo. 5. Señalización de las áreas de trabajo, equipos, con información de alerta al peligro, prohibido la entrada, niveles de tensión, entre otros. 6. Finalmente, el cumplimiento de los procedimientos de permisos de trabajo en frío y en caliente, para autorizar la intervención de equipos de riesgo. **Durante** 1. Auxiliar de inmediato al accidentado de acuerdo a las guías de acción elaboradas para cada caso. De acuerdo a la gravedad del caso se debe trasladar el accidentado al centro de atención médica más cercano. 2. Notificar a la oficina de Higiene y Seguridad para el acompañamiento del caso. **Después** 1. La oficina de Higiene y Seguridad Analiza las causas del accidente y las acciones tomadas para auxiliarlo en el lugar, así como la demora en el arribo de la ambulancia o auxilio médico. 2. Finalmente, el contratista preparará el Informe preliminar de accidente industrial, en el plazo de 24 horas establecido, para las autoridades del INSS, Gerencia de MTI, tal como lo establece el código laboral.
Caídas de altura, heridas punzo cortantes, electrocución, quemaduras **c) Guías de Acción General** En caso de ocurrir un accidente en las instalaciones, el personal actuará de la siguiente forma: 1. De tratarse de un accidente leve, aplicar primeros auxilios al accidentado y trasladarlo de inmediato a la clínica u hospital más cercano para que sea visto por un médico, a fin de descartar posibles secuelas a posteriori. 2. De tratarse de una caída de altura con síntomas de gravedad, abrigar al accidentado y solicitar una ambulancia para su traslado inmediato al hospital cercano. 3. Si presenta síntomas de asfixia, darle respiración artificial boca a boca y de igual forma solicitar un medio de transporte para atención médica de urgencia. 4. En caso de quemadura, no aplicar remedios caseros al accidentado sólo agua fría y solicitar un medio de transporte para su traslado a la brevedad a un centro de salud u hospital. 5. De tener hemorragia por herida punzocortante, sujetar una gasa en el lugar para evitar la pérdida de sangre, de estar ubicada en las extremidades, hacer un torniquete para cortar la pérdida de sangre, aflojando el torniquete cada 10 minutos para evitar gangrena y hacer trasladar al accidentado a un centro asistencial cercano. 6. De quedar atrapado con peso encima del pecho, palanquear el elemento pesado y retirarlo para que el accidentado no se asfixie, hasta la llegada de la ambulancia. 7. En caso de haber sufrido el accidentado una descarga eléctrica, cuidar que respire, de otra forma darle respiración boca a boca para reanimarlo, simultáneamente solicitar asistencia médica o traslado a una clínica u hospital. 8. La atención inmediata al accidentado mediante conocimientos de Primeros Auxilios puede salvarle la vida, así como su traslado rápido a un centro de atención médica.

Tabla 149. Medidas en caso de Falla de Equipos o Infraestructuras

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
Falla de Equipos o Infraestructura y Caída de Cables Energizados de la LT existentes en la localidad o a lo largo del camino o en las oficinas, talleres, etc. La caída de un cable energizado puede ocasionar accidentes graves, como electrocución de trabajadores, vecinos e incendios de vehículos. El Plan de Contingencia debe actuar rápida y eficientemente para evitar daños al personal e interrupciones de la operación de las redes. **Antes** Se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones: 1. Se debe verificar el uso obligatorio de implementos y equipos de seguridad para la realización de trabajo. Todo personal que realice labores en subestaciones eléctricas, tenga la adecuada capacitación y experiencia en dichas tareas. 2. Señalización de advertencia de riesgo eléctrico en los paneles, postes de energía, etc. 3. Capacitación del personal para actuar en forma rápida y racional ante emergencias de este tipo. 4. Proveer al personal de equipos de protección para cubrir la posibilidad de accidentes industriales leves o fatales por electrocución. 5. Instalación de sistemas de protección para cubrir la posibilidad de daños por su caída. Como el interruptor en el caso de las oficinas, en caso de la LT existentes comunicar de inmediato a DISSNORT y MTI. 6. Finalmente, el mantenimiento adecuado de los sistemas de protección y equipos en general. Por ejemplo, el reemplazo de cables fatigados o en mal estado **Durante:** 1. Señalizar el área afectada. 2. Des energizar el circuito o subestación eléctrica conductora en el área del siniestro. 3. La aplicación inmediata de los planes de respuesta por el Plan de Contingencia, ante el aviso de la emergencia. 4. Trasladar inmediatamente a las personas afectadas al centro de salud más cercana para su tratamiento. 5. Efectuar las reparaciones y realizar una evaluación del accidente 6. Se retirarán todos los escombros que pudieran generarse por el sismo, los mismos que serán colocados en el depósito de residuos sólidos. 7. El evento será reportado y documentado, así como todas las acciones que se ejecutaron para minimizar sus efectos. 8. Se iniciará la investigación respectiva para determinar la magnitud de los daños causados a la salud, el ambiente y la propiedad, con la finalidad de implementar nuevas medidas (retroalimentación). **Después:** La evaluación de los daños al medio ambiente, personal e instalaciones de las redes, para informar a las Entidades gubernamentales en forma correcta y oportuna. **Guías de Acción** En caso de ocurrir la caída de un cable energizado en las instalaciones de las redes, el personal actuará de la forma siguiente: 1. La persona que detecte la falla, avisará de inmediato a Supervisor o jefe de Operaciones identificándose e indicando el lugar y el tipo de emergencia. 2. Tratará en lo posible de aislar la zona o de impedir que se acerquen vehículos o personas al cable caído. 3. El responsable de mantenimiento de redes accionará la alarma para alertar a las cuadrillas de mantenimiento y procederá a la zona del problema. 4. Al arribar verificará que el cable ha quedado des energizado por acción del cut-out de protección, de lo contrario ordenará cortar el fluido eléctrico al cable. 5. Mientras tanto las cuadrillas de mantenimiento habrán procedido a aislar completamente la zona para vehículos y personas. 6. Luego de superarse el problema, se analizará las causas de la caída del cable y de la falla del cut-out de protección, de ser el caso. 7. De haber ocurrido algún accidente industrial, se procederá de acuerdo a la guía de acción correspondiente. 8. Se cumplirá con los informes preliminares y finales a las autoridades de la empresa en forma correcta y oportuna. 9. Finalmente, el Centro Nacional de Despacho de Carga analizará las causas de la emergencia y la actuación de los integrantes de su organización, a fin de sugerir las mejoras correspondientes. En caso de colisión de vehículos, volcaduras de equipos, etc. 1. Una vez identificado el siniestro, comunicar de inmediato a la Gerencia del proyecto. 2. Tratar de rescatar a las personas siniestradas. 3. En caso de lesiones, tratar de dar los primeros auxilios; en caso de lesiones graves, trasladar al trabajador o trabajadores hacia los centros de salud u hospitales más cercanos al sitio del accidente.

Tabla 150. Medidas en caso de Derrames de aceites y combustibles

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
Antes del evento
1. El sitio donde se almacene combustible debe ser ventilada, con impermeabilización y tendrá canaletas de contención, dotado de extintores.
2. En las áreas de almacenamiento se colocarán señalizaciones o letreros fijos con instructivos específicos.
3. El trasiego de combustible, aceites se realizará mediante el uso de bombas trasegadoras y en pipas con tanques certificados por el MEM y el INE.
4. Cada vehículo de transporte de diésel debe de tener un kit de contención de derrames que está compuesto de los siguientes elementos:
a. Herramientas (palas, picotas, recipientes)
b. Ropa de protección: incluyendo casco, oídos, guantes, botas de seguridad, respiradores y todo el EPP requerido para la actividad.
c. Kit para derrames (botas, guantes, membranas, paños absorbentes, bolsas y otros).
Durante el evento
5. Se controlará posibles situaciones de fuego u otros posibles efectos, debido a emanaciones del líquido.
6. Localizado el origen del derrame o fuga, se evitará el contacto directo con la sustancia derramada. Luego de determinada la extensión de la zona afectada por el derrame, se deberá señalizar y acordonar la zona contaminada con barreras o cintas.
7. Se detendrá la expansión del líquido construyendo manualmente un dique de tierra que rodee la zona del derrame.
8. Se detendrá la penetración del líquido mediante el uso de material (paños o hilazas absorbentes).
9. En los lugares donde el derrame se encuentre ampliamente disperso en el terreno, el material absorbente se podrá esparcir, mezclar con el suelo y acumular libremente para luego eliminarlo.
10. Se removerá el suelo afectado hasta una profundidad de 10 cm por debajo del nivel alcanzado por la contaminación.
11. Seguidamente se procederá con la reposición del suelo afectado.
12. En caso el derrame ocurra sobre algún cuerpo de agua, el personal procederá con el retiro del combustible mediante bombas hidráulicas y lo depositará en cilindros metálicos para su posterior transporte y disposición final en un relleno de seguridad.
13. Se registrará el accidente en formularios previamente elaborados que incluirán como mínimo la siguiente información: características del incidente; fecha, hora, lugar y tipo de derrame; sustancia derramada; volumen derramado; recursos afectados (fuentes de agua, suelos); número de personas afectadas (en caso existan).
Después del evento
14. Se comunicará al jefe de Brigada acerca del derrame, señalando su localización y tipo de sustancia vertida. Todos los trabajadores tendrán conocimiento de cómo comunicarse con la Unidad de Contingencia (vía telefónica, radio o de manera personal).
15. La Brigada de Emergencia se trasladará al lugar de accidente, con los implementos y/o equipos que permitan limpiar el derrame en forma rápida y segura.

Tabla 151. Medidas en caso de Actos Vandálicos

Unidad Ejecutora: Unidad de Gestión Ambiental del contratista en coordinación con la Unidad de HyS.
Tomando en cuenta que el proyecto se desarrollara en un área rural, es necesario considerar las medidas para evitar actos vandálicos que pueden entorpecer el buen desarrollo del proyecto.
1. La Gerencia de la empresa maneja permanentemente una permanente comunicación con los pobladores, autoridades locales, Alcaldías para evitar actos vandálicos.
2. Otra acción que desarrolla la Gerencia del Proyecto es el vínculo con las autoridades policiales para la definición del patrullaje a lo largo de la línea del camino y establecer alianzas con las comunidades sobre el cuido de los componentes del proyecto y de los bienes de la empresa.
3. Finalmente, si se presentara el acto vandálico la Gerencia contactará a la Policía Nacional para averiguar las causas del hecho y castigar a los culpables.

4.4.1.4 Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos y No Peligrosos

Como todo proyecto de construcción de caminos y carreteras, el proyecto genera desechos sólidos peligrosos y no peligrosos, los cuales deben de ser manejados adecuadamente por el Contratista o empresas designada para la construcción de la obra. Por lo tanto, se diseña un plan de actividades fundamentado en la Gestión Integral de Residuos y bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral.

Descripción del Sub Programa

- **Almacenamiento temporal de Residuos Sólidos No peligrosos.**

- Para un adecuado almacenamiento de los residuos en las diferentes áreas del plantel se efectuará en recipientes plásticos con capacidad de 25 galones de plástico resistente y con tapas, considerando la separación en la fuente, para lo cual se utilizará la siguiente simbología visual:

Figura 80. Simbología para Separación en la fuente.

Tomado de Luna, E., (2020).

- Los residuos procedentes del área de comedor y cocina serán almacenados en barriles plásticos con capacidad de 55 galones con su tapa y para ello se designará un sitio específico para la disposición temporal en un área inmediata al punto de generación.
- El área de almacenamiento temporal de residuos tendrá 40m^2 con capacidad para almacenar hasta tres días de generación de residuos, con compartimientos internos destinados a la separación en fuente.
- La ubicación de la infraestructura de almacenamiento deberá permitir el fácil acceso, maniobra y operación del vehículo colector externo y los carros de recolección interna, así mismo será construido guardando las siguientes características.
- De material noble, protegido de la intemperie y temperaturas elevadas, que no permita el acceso de animales, construido de pared de malla ciclón.

- Piso con pendiente del 3% dirigida hacia el sistema de drenaje natural del terreno y en dirección opuesta de la entrada; pisos de concreto.
- Puerta dotada de protección inferior para evitar el acceso de los vectores.
- Estar separada de las áreas de oficinas, comedores, cafeterías, clínicas, bodegas.
- Dotado de abastecimiento de agua, punto de evacuación de aguas residuales e iluminación artificial interna y externa.

- **Almacenamiento temporal de Residuos Sólidos peligrosos.**

- Los contenedores para el manejo temporal de los desechos sólidos peligrosos, deberán de indicar este contenido.
- Los principales desechos sólidos peligrosos son los filtros de aceites usados, lanillas impregnadas de diésel y grasas, envases de aceites de diferentes tipos, envases de grasa, envases de pinturas y diluyentes, entre otros.
- Los contenedores deben de estar separados de fuentes de ignición como sitios de soldadura, cocinas, etc.
- Se designa a una persona especialmente para esta actividad de manejo de este tipo de desechos.
- Una vez los contenedores alcancen hasta un 90 % de su capacidad, se llamará a la empresa especializada en este tipo de manejo de desechos sólidos peligrosos.

- **Acciones complementarias.**

- Dotado de un área de lavado de los carros de recolección interna y demás equipos utilizados que tengan las siguientes características: techado, iluminación artificial, toma de agua, piso impermeable con drenaje y punto de registro conectado a la red de alcantarillado.
- Dotado de un ambiente de servicios higiénicos y vestidores para el personal, de tal manera que permita su aseo personal.
- Dotado de armario para el resguardo de los equipos y materiales de limpieza y el vestuario de los operarios.
- Para el caso del sitio de almacenamiento, la frecuencia de limpieza se realizará al menos tres veces por semana o toda vez que existan derrames o las circunstancias lo ameriten.

- **Generación de residuos.**

El volumen promedio de generación de residuos sólidos domésticos, durante la etapa de construcción y/o operación, se estima en 0,30 kg/día/trabajador, de acuerdo a la experiencia de la empresa en este tipo de proyectos (este dato es aproximado y se ha considerado de la experiencia de otros proyectos similares que se han desarrollado en Nicaragua durante los últimos años). Se estiman que laboraran 442 trabajadores (DYSCONCSA, 2024).

Esto significa que habrá un aproximado de 132.6 kg/día de desechos, esto significa un volumen mensual de 8.87 m^3/mes aproximadamente. La disposición final será en el Botadero de El Rosario y/o Santa Teresa.

Figura 81. Entrada al Botadero El Rosario

- **Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos**

La recolección de los residuos será desarrollada por el personal de mantenimiento y los mismos serán trasladados al sitio de transferencia temporal donde serán almacenados separadamente para su posterior comercialización o disposición final en el relleno de El Rosario.

- **Reciclado, donación o co-procesamiento de materiales valorizables**

El destino de los residuos a ser valorizados será entregado a empresas recicladoras autorizadas. Para las llantas, éstas serán preferiblemente confinadas previo acuerdo con MARENA-MTI-Alcaldías Municipales. Disposición final de residuos sólidos: Relleno Sanitario de El Rosario.

- **Capacitación del recurso humano.**

Para una correcta implementación del plan, necesariamente, el contratista ejecutar un plan agresivo de capacitación y educación ambiental a todo el personal de la empresa como de las empresas subcontratadas para participar en el proyecto. Las capacitaciones serán anuales.

- **Responsable de la Implementación del Programa**

El responsable de la implementación del plan será la Regencia Ambiental del contratista de la empresa constructora, el cual ejercerá sus funciones en colaboración con el jefe de mantenimiento; esta llevará un registro sobre los volúmenes producidos y la entrega a las empresas recicladoras.

4.4.1.5 Subprograma de Manejo de Aguas pluviales, erosión e inundación.

Como todo proyecto de construcción de obras horizontales, como el Proyecto de Mejoramiento del Camino La Paz Carazo San Pedro Niquinohomo, atraviesa una serie de cauces que conforman el drenaje natural del área, que, de no controlarse con un adecuado diseño de obras hidráulicas, puede provocar deterioro de la estructura y obras conexas del camino. Por lo tanto, se diseña un plan de actividades fundamentado en las características naturales de la cuenca, las precipitaciones dentro de ella para un periodo de retorno adecuado, al diseño hidráulico del camino, entre otros aspectos de interés.

- **Descripción del Sub Programa**

Estudio Hidrológico. Como parte fundamental para el diseño hidráulico se ha elaborado un estudio hidrológico adecuado a las condiciones del drenaje natural existente y en base a los datos históricos meteorológicos de las estaciones cercanas al proyecto y para un periodo de retorno de 50 años. Por lo tanto, todos los aspectos relacionados con los criterios hidrológicos de diseño se abordan detalladamente en este estudio, que es parte del diseño final aprobado por el MTI.

- **Medidas de Manejo durante la etapa de construcción.**

A continuación, se presentan las principales medidas que serán consideradas durante la etapa de construcción, sin limitarse a ellas:

1. Una vez identificados los sitios de trabajo, ya sea obras de hidráulicas o de otro tipo, que requieran excavaciones a distintas profundidades y sin distingo del sitio de actuación, se procede a colocar la señalización preventiva que indique que hay una obra en desarrollo y del peligro que esta representa tanto para la maquinara que labora en el proyecto, vehículos privados y personas (trabajadores y civiles de la zona).

2. La Gerencia de la empresa estará atenta al desarrollo de fenómenos meteorológicos tanto normales como extraordinarios que puedan causar situaciones de inundaciones en los sitios de trabajo.
3. Se activará el plan de emergencias en caso de inundaciones y para ello se capacitará a la brigada de Emergencias y a todo el personal involucrado en estas actividades.
4. El material removido de los sitios de construcción de obras que requieran desplantes de más de 1 m de profundidad, será colocado a una distancia prudencial segura que no permita que durante una lluvia intensa vaya a provocar escurrimiento y movimiento del material removido y que de esta manera pueda afectar la vida e integridad física de los trabajadores que se encuentran en el sitio.
5. En los alrededores de los sitios excavados, para evitar el escurrimiento pueda anegar los sitios, se debe de construir zanjas perimetrales de evacuación del escurrimiento en dependencia de la pendiente de cada sitio en particular.
6. Se colocarán también sacos llenos de material removido a modo de pantalla para evitar también que el escurrimiento pueda afectar el sitio y al trabajador.
7. Se tendrá a disposición todo el tiempo varias bombas portátiles para evacuar el agua que pudiese haberse acumulado en los sitios de desplantes.
8. Nunca se permitirá al trabajador ingresar al sitio de trabajo, hasta que el supervisor este seguro que no hay amenaza de inestabilidad de las paredes del sitio desplantado (zanjas, calicatas, sitios para cimentaciones, etc.).
9. Se tendrá en todo momento un vehículo en caso de emergencias y las brigadas de emergencias activadas de forma permanente

- **Medidas de Manejo durante la etapa de operación.**

En la tabla siguiente, se presentan las coordenadas de los puntos donde se construirán las diferentes obras. Las obras para el manejo de escurrimiento y erosión son las siguientes: vados, alcantarillas insuficientes, drenes, bordillos cunetas y un puente. Es importante destacar que las obras se han diseñado considerando los escenarios de cambio climáticos solicitados en los términos de referencias para un periodo de diseño de 50 años, lo cual se considera suficiente para los efectos de proyecto. En la tabla se presenta los sitios donde se prevé la construcción de drenaje mayor y los sitios de drenaje menores existentes y evaluados.

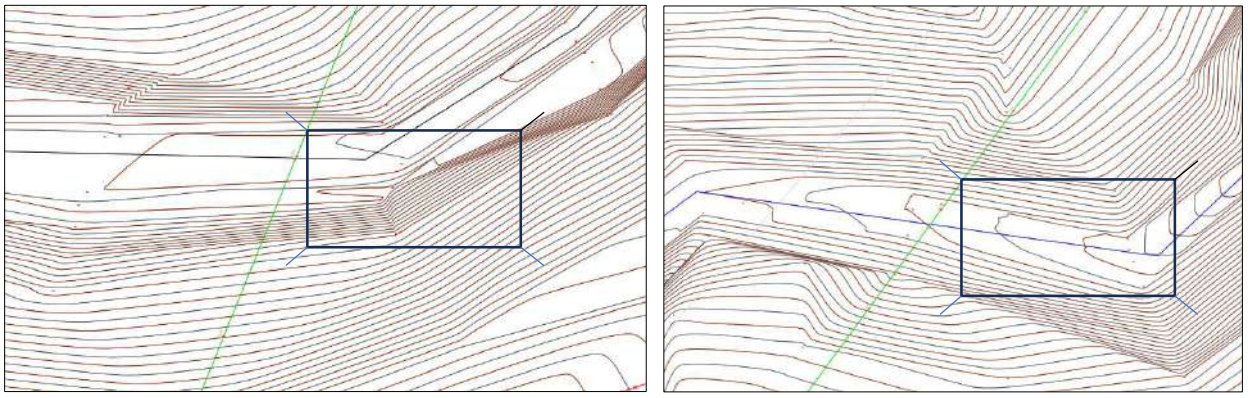
Figura 82. Diseños de obras hidráulicas

X_Coord	Y_Coord	Estación	Tipo	Estado
591886	1307345	0+320	Puente	Nuevo
592643	1308663	1+850	Puente	Nuevo
593405	1309755	3+200	Puente	Nuevo
594312	1310579	4+410	Puente	Nuevo
594442	1310703	4+600	Puente	Nuevo
595208	1311171	5+500	Puente Vado	Nuevo
595715	1311480	6+090	Puente	Nuevo
595887	1311785	6+460	Vado	Nuevo
595947	1312109	6+750	Vado	Nuevo
595814	1312581	7+300	Vado	Nuevo
595876	1313044	7+780	Vado	Nuevo
596514	1314956	9+950	Vado	Nuevo

Fuente: Informe Preliminar de Alternativas, 2024.

En el mapa siguiente también se muestran los segmentos donde se construirán el resto de obras para el manejo correcto de las aguas pluviales a lo largo del camino de interés.

Figura 83. Obras Hidráulicas Ubicación Mayores



Nota: Figura izquierda en Estación 0+320). Figura derecha Estación 4+420. En ambos sitios puentes de concreto.

4.4.1.6 Subprograma de Manejo de Hidrocarburos, grasas, aceites, entre otros

Por las características del proyecto, es inminente el uso de hidrocarburos y algunos derivados para el funcionamiento de la maquinaria y, por consiguiente, se requiere de un manejo cuidadoso que permita controlar y minimizar los potenciales riesgos que representan tanto para la vida de trabajadores y pobladores ubicados dentro del área de influencia del proyecto; así como, para el entorno natural. Por lo tanto, se propone un plan de manejo de hidrocarburos sencillo y conciso, para establecer las medidas y procedimientos para un manejo seguro y responsable de estos insumos. De manera general es diésel el que se utiliza para el

funcionamiento de toda la maquinaria que participará en la construcción del proyecto; por lo tanto, el manejo que se propone está orientado al manejo de diésel.

- **Implementación**

Para el manejo de sustancias peligrosas se implementarán dos tipos de medidas:

Figura 84. Cisterna a utilizar para el trasiego de Diesel

1. **Medidas de manejo en general**

Para el desarrollo de los trabajos de construcción del camino, se utilizará Diésel, por lo que a continuación se presentan las principales acciones concernientes al buen manejo de esta sustancia líquida peligrosa. El combustible que será utilizado para los vehículos livianos será abastecido directamente en las estaciones de combustible disponibles ubicadas en el plantel o en las estaciones de servicio más cercanas ya sea en Carazo o en Masaya. Para la maquinaria que no pueda llegar hasta las estaciones de servicios, serán abastecidos por medio de una cisterna de hasta 1000 galones, las cuales cumplirán con todas las medidas de seguridad establecidas para este tipo de transporte.

- **Manejo de Combustible (condiciones de almacenamiento, trasiego etc.).**

En el plantel se construirá una estación de servicios compuesta de 2 tanques de 3000 galones cada uno, con una berma de seguridad, surtidor y sistema de drenaje para manejo tanto de aguas pluviales como aguas oleaginosas. El diseño final de la estación de servicios de diésel será presentado por el Contratista en una etapa más avanzada del proyecto.

Aceites usados.

Los cambios de aceite para los medios de transporte se realizarán en talleres especializados y bajo ningún punto de vista se deben de ejecutar en los sitios de trabajo del camino; la empresa subcontratista podrá realizar este tipo de servicio en el área del proyecto, para el mantenimiento preventivo para los equipos pesados, tractores, retroexcavadoras o camiones grandes de carga, entre otros. En este caso, los residuos generados del mantenimiento y del

manejo de los aceites filtros, envases de aceites y grasas usada, lanillas impregnadas serán almacenados temporalmente y posteriormente entregadas a SERTRASA, empresa certificada por MARENA, para la disposición final de este tipo de residuos.

Los aceites usados, serán almacenados temporalmente en barriles metálicos herméticos. Se colocarán en un sitio acondicionado para estos fines; cuente con el piso impermeabilizado para evitar que cualquier derrame de los aceites pueda contaminar el suelo9. El aceite usado como los otros residuos serán vendidos a empresas especializadas y debidamente autorizadas por las autoridades, tal es el caso de SERTRASA, las que se encargan de la reutilización y manejo de este tipo de desechos sólidos peligrosos.

2. **Medidas generales**

Hojas técnicas

Las hojas de especificaciones técnicas de las sustancias peligrosas que se utilicen para las actividades del proyecto deberán estar actualizadas. Las hojas técnicas también son requeridas por el INSS y estas estarán a la disposición de las autoridades que lo requieran.

- **Señalización**

El proyecto se abastecerá de combustible de un surtidor que funciona para todo el proyecto y que está ubicado en la zona del plantel y conformado por 2 tanques con capacidad de 1500 galones cada uno (3000 galones de almacenamiento en total) o un tanque de 3000 galones, la decisión final dependerá de la empresa que va-ya a suministrar del diésel, los cuales tienen o no disponibilidad de uno u otro.

La señalización del depósito debe de cumplir con las especificaciones contenida en la NTON 14 – 002 – 03 (Norma Técnica y de Seguridad para Estaciones de Servicio Automotor y Estaciones de Servicio Marinas); por otro lado, para este tipo de depositico se acostumbra a utilizar la norma FPA 704. Entre esta señalización se incluyen:

1. Rombos de riesgos (FPA704): Estos rótulos indican los riesgos en salud, inflamabilidad y reactividad en una escala de 0 a 41. Los rombos de riesgos son una

[9]Los aceites usados también serán almacenados temporalmente y posteriormente entregados a una empresa certificada en el manejo de este tipo de residuos.

forma común de señalización para identificar los peligros asociados con el combustible almacenado.

2. Señales de advertencia: Estas señales advierten sobre el almacenamiento de combustible, prohíben fumar, generar chispas o llamas, restringen el paso e indican las salidas de evacuación. Son importantes para garantizar la seguridad en el área de almacenamiento.
3. Señales de primeros auxilios: Es esencial señalizar los equipos de primeros auxilios, como botiquines, duchas, lavaojos y equipos de protección personal. Esto ayuda a los trabajadores a localizar rápidamente los recursos necesarios en caso de emergencia.

- **Diseño y construcción de un surtidor y Tanque Aéreo Adecuado**

La empresa contratista construirá al inicio de las actividades un surtidor y tanque de almacenamiento del tipo aéreo con capacidad de hasta 3000 galones de diésel (dos tanques de 1500 c/c o uno de 3000 mil galones) y para ello formulará el proyecto con todos sus anexos y diseños correspondientes para solicitar licencia de depósitos de Almacenamiento de Diésel ante la Dirección de Hidrocarburos del MEM.

El depósito, entre otros requerimientos tendrá una fosa para la contención de derrames con una capacidad de hasta 110 % del volumen almacenado en los tanques (berma de seguridad contra derrames).

- **Registros**

Se llevarán registros del uso y almacenaje de sustancias peligrosas. Los ingresos y salidas serán registrados, especificando los usuarios, lo cual permitirá establecer la correlación con los residuos peligrosos generados. El procedimiento realizado deberá verificarse periódicamente como parte de las auditorías externas e internas.

- **Despacho**

El despacho se ejecutará desde el plantel y surtidor construidos en el Plantel principal de la empresa, cuya ubicación será indicada por la empresa contratista a su debido momento. La maquinaria como camiones, camionetas y otro tipo de transporte, serán abastecido directamente en el plantel. Únicamente para el suministro de las maquinarias pesadas que

no pueden ser abastecidas en el plantel, la empresa utilizará un camión pequeño con un tanque con capacidad de hasta 1000 galones y un surtidor portátil

- **Capacitación**

Se realizará una capacitación general a todo el personal del proyecto con respecto a la presencia de sustancias peligrosas en el ambiente laboral. Así mismo, se brindará capacitación específica al personal que tendrá a su cargo el transporte, manejo y almacenamiento de este tipo de sustancias.

3. **Medidas específicas:**

En lo relativo con el almacenamiento de combustible en la etapa de operación:

1. A como ya se ha explicado, el almacenamiento de combustible se ejecutará en la estación de despacho que la empresa construirá en el plantel principal y cuya ubicación será definida posteriormente.
2. El abastecimiento del combustible a los equipos pesados se ejecutará con un camión que tendrá una bomba portátil; será destinada únicamente para el trasiego a esta maquinaria que no puede movilizarse hasta el plantel. Para ello el camión de despacho tendrá un polo a tierra cada vez que haga el despacho.
3. Para el suministro a la maquinaria se colocará una membrana impermeable en el sitio de trasiego para evitar que cualquier derrame pequeño pueda ser contenido de inmediato.
4. De la misma manera, los cambios de aceite de la maquinaria pesada deberán ser efectuados colocando para ello un material impermeable en el sitio de cambio del aceite y de esta manera poder evitar que hipotéticas fugas de aceite contaminen el suelo.
5. Los cambios de aceite del motor serán realizados por personal entrenado y capacitado para minimizar posibles efectos negativos sobre el suelo; este personal será capacitado constantemente en el manejo de diésel y aceites y la conservación del medio natural; medidas de mitigación en caso de derrames, entre otros aspectos de interés.

En lo relativo con los aceites y lubricantes usados:

a. En el caso de los aceites usados se almacenarán temporalmente en barriles de plástico con capacidad de 55 galones y cuyo sitio provisional está ubicado también en el Plantel.

b. Se dispondrá de un toldo para el almacenamiento temporal de los aceites y lubricantes usados, cuyo piso será impermeabilizado ya sea con geotextil u otro material impermeable como geomembranas.
c. Se nombrará una persona como responsable para la recepción y despacho de este subproducto.
d. Los lubricantes se trasladarán en barriles metálicos herméticamente cerrados, no se permitirá el uso de barriles que presenten averías.
e. Se revisará cada recipiente antes de proceder a rellenar su contenido.
f. Los trabajadores encargados del mantenimiento recibirán capacitación para realizar correctamente su labor. Los trabajadores serán instruidos para recoger y almacenar correctamente los paños o hilazas impregnadas de hidrocarburos, la recolección del aceite quemado y las piezas de recambio como filtros, llantas, bandas de transmisión, entre otros, mismas que serán entregados a la empresa contratada para realizar la disposición final de los mismos.
g. Los aceites usados, después de cierto tiempo, serán entregados a una empresa especializada en el reciclaje de este tipo de sustancias peligrosas.

- **Requerimientos para la manipulación, expedición y transporte de hidrocarburos**

Elementos de protección personal:

a. Calzado de seguridad y/ o botas de goma
b. Ropa de tela ignífuga impermeabilizada en caso de necesidad de contacto con residuos líquidos o salpicaduras.
c. Casco de seguridad reglamentario
d. Guantes de PVC o acrilo-nitrilo de caña alta
e. Máscara con filtros respiratorios con doble filtro de carbón activado
f. Anteojos de seguridad normalizados de policarbonato a fin de evitar salpicaduras.

- **Transporte de combustible hacia los sitios de trasiego de maquinaria pesada**

Las consideraciones generales que se tendrán en cuenta para la correcta operación del sistema son:

1. Las conexiones de carga/descarga de los tanques de diésel, estarán visibles para poder

detectar posibles filtraciones con facilidad.

2. Las transferencias serán realizadas evitando los derrames y contando con sistemas de seguridad industrial de acuerdo al plan de contingencias.
3. En todo momento se debe de tener el polo a tierra.
4. La tubería/manguera se encontrará correctamente señalizada y los letreros serán adecuadamente mantenidos e indicarán su contenido y otras recomendaciones.
5. Las operaciones de carga y descarga de diésel serán desarrolladas por el personal adecuado y entrenado para estas actividades.
6. Se realizarán inspecciones de rutina de las áreas de influencia.
7. La capacitación del personal para lograr una actuación oportuna y efectiva en caso de ocurrencia de un derrame.

Elementos de seguridad con que debe contar el camión encargado del llenado de los tanques de los equipos y los camiones que trasladan el diésel desde Managua hasta el plantel del contratista:

Deberá contar con kit para contención de derrames, consistente en:

- Barril de 20 litros, con tapa sujetada, pintados de color verde, identificado con la leyenda: Kit para uso en caso de derrames. El contenido de cada barril es de una bolsa de tierra absorbente mineral (35 Kg de peso, inerte, no combustible, no tóxico); 5 Kg de trapo o lanillas absorbente; eventualmente manga absorbente de 2 a 4 m de longitud, 2 pares de guantes de acrilo-nitrilo, linternas anti ignición.
- 2 bolsas de recolección de residuos de PVC de alta densidad, una máscara con doble
- filtro de carbón activado y una pala de punta.
- 6 conos plásticos rígidos de 65 cm de alto, de base 30 x 30, de 3 kg de peso y de color fluorescente (naranja).
- 50 m de cinta plástica de seguridad de 10 cm de ancho, a rayas blancas y rojas con leyendas de “Peligro”.
- 30 m^2 de film de Polipropileno de 200 micrones.
- Kit de Seguridad reglamentario.
- Casco de Seguridad.
- 2 extintores de polvo químico triclase de 20 Kg cada uno.
- Material autoadhesivo para etiquetar los Barriles

- Material absorbente para hidrocarburos.
- Masillas epoxi para reparar fisuras.
- Herramientas anti chispas (pala, pico)
- Equipo de protección personal para manipular el combustible y los aceites usados.
- El transporte debe de tener un polo a tierra, el cual deberá de accionarse o anclarse una vez que esté preparado el equipo para el despacho o para la contención del derrame.

- **Disposición y tratamiento final**

Cuando el área de almacenamiento temporal tenga una buena cantidad de desechos de hidrocarburos almacenados, la UGA de la Empresa procederá a realizar la gestión para que una empresa ambientalmente responsable y que cuente con todos los permisos ambientales vigentes realice la evacuación de los desechos, los retire de las operaciones y les dé un tratamiento final en su planta. Una vez realizada la coordinación para que la empresa subcontratada se presente a evacuar los desechos de hidrocarburos, se seguirán los siguientes pasos:

1. Se cuenta con el respectivo contrato de servicio entre ambas empresas.
2. Por cada retiro realizado se procederá a realizar las actas de evacuación de desechos en el área previo entrega de orden de trabajo de empresa contratada.

4.4.1.7 Subprograma de Siembra y engramados

El presente sub programa será implementado como una de las medidas ambientales de carácter compensatorias por la actividad de liberación del derecho de vía y en la actividad de abra y destronque que conlleva una actividad de corta y poda de árboles que se encuentran dentro del prisma de construcción de la carretera La Paz Carazo-San Pedro-Niquinohomo ubicada en los departamentos de Carazo y Masaya.

Este plan se ha estructurado considerando los resultados el inventario Forestal ejecutado por DYSCONCSA (2023), y según el cual hay un total de 619 árboles a afectar a lo largo de los 10.6 km del camino y que están dentro del derecho de vía del proyecto.

De acuerdo con el mismo inventario, se estimaron un total de 6,190 árboles de reposición como parte de las medidas compensatorias aplicando la regla 10 a 1. Por otro lado, los tipos y cantidades de planta para reposición o reforestación, se ha considerado un 50 % de especies

forestales y un 50 % de especies frutales para el mejoramiento de la calidad de vida de los propietarios de los terrenos que voluntariamente acepten el establecimiento de plantas.

Se tiene otro resultado del censo forestal, como es la predominancia de la especie más común del tramo de camino El Rosario y Masatepe, siendo el Laurel con 74 árboles, esto es generado por la conservación y cuido por parte de los dueños de los terrenos. Cedro real 44 árboles, 43 Guásimo de ternero, genera un elevado porcentaje de confiabilidad, que es resultados de regeneración Natural y cuido por parte de los pobladores que colindan sus terrenos con el derecho de vía.

Este sub programa tiene como visión restaurar diversas áreas y que en ningún momento se pretende establecer una masa forestal con características económica y ambientalmente sostenible; de tal manera que, no se establecerán infraestructuras de producción de plantas (vivero), el mecanismo a utilizar es la compra de plantas en los viveros existentes en la zona con lo cual se genera una dinámica económica a nivel local.

Se ha previsto la contratación del regente forestal para dar cumplimiento a la legislación ambiental sobre la obtención de los permisos de corta de los árboles; así como diseñar, el programa de siembra de las plantas que se debe presentar al INAFOR. De esta manera el contratista dará fiel cumplimiento a lo establecido en la resolución administrativa 68 – 2011 en el cual se expresa el Arto 106, obligación No.1, reponer el recurso forestal con una relación de diez arbolitos por cada árbol tumbado[10].

- **Ubicación de los sitios a forestar:**

La empresa contratista realizará un convenio de cooperación con las Municipalidades involucradas, en el sentido de utilizar áreas comunales para la siembre de las especies antes detalladas. Es importante destacar que el proceso de reposición forestal inicia con la apertura del proyecto de construcción del camino; de tal manera que una vez que el proyecto finalice, las Municipalidades quedan a cargo completamente de las plantaciones ejecutadas y de esta manera se garantiza el éxito de la reforestación de las plantaciones desarrolladas.

[10] Nota: Es preciso señalar que la Ley 462 o Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Foresta, no estipula la reposición del recurso forestal para proyecto sociales y estatales. El DE 68-2011, es un decreto que se deriva de la Ley 462 y claramente estipula la forma de reponer el recurso forestal afectado por un proyecto en particular (se reponen 10 árboles por cada árbol cortado).

Desarrollo del Sub programa

Las especies a utilizar son especies nativas estableciéndose de manera adecuada según grupo ecológico. Las especies arbóreas se clasifican en grupos ecológicos, según su comportamiento con respecto a la luz y la historia de vida en este sentido las especies a utilizar son las propias del bosque seco tropical.

- **Producción de plántulas**

El proyecto no prevé la construcción de viveros. En su defecto, el proyecto debe de identificar la presencia de viveros ya establecidos para convenios de compra – venta de las plantas requeridas para el subprograma; en dicho sentido toda la zona donde esta inserto el proyecto, presenta una buena cantidad de viveros tanto forestales como frutales que puedan garantizar la cantidad de árboles a reponer en base al Inventario Forestal.

Dentro del inventario Alternativa de la E 0+000 a la E 10+660, del Proyecto Estudio de factibilidad y diseño para el mejoramiento del Camino El Rosario y Masatepe, se registraron las especies, por nombre común: Acacia amarilla, Acetuno, Aguacate frutal, Aguacate de monte, Almendro, Anona, Carao, Cedro real, Ceiba, Chaperno, Chilamate, Cortez, Falso roble, Frijolillo, Genízaro, Guaba, Guachipilín, Guácimo de molenillo, Guácimo de ternero, Guanacaste blanco, Guanacaste Negro, Guarumo, Guayabón, Jícaro, Jiñocuabo, Jobo, Jocote dulce, Laurel negro, Leche de hule, Madero negro, Madroño, Malinche, Mamón, Mango, Mata palo, Nancite, Neem, Pochote, Sardinillo, Tamarindo, Tigüilote.

Según los registros realizados de los individuos de las especies más comunes, pertenecen a la misma etapa arbórea, principalmente con el Laurel Negro, Cedro real y Acacia amarilla. De las especies inventariadas la que alcanzó mayor diámetro a la altura del pecho (DAP) fue la Cedro real con 1.10 metros siendo el 111 UTM 592151, 1307886 y la Ceiba con 1.30 metros UTM 593776, 1310112.

La altura comercial de los árboles oscila entre 1 y 13 metros de altura, con promedio de 3.23 metros; las especies identificadas con mayor altura comercial: Son Genizaro (*Pithecellobium saman*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), Chocuabo (*Caesalpinia violácea*).

- **Número de plantas a establecer**

a) De acuerdo al inventario realizado por el regente forestal se determinó que 619 plantas serán taladas y las cuales se encuentran dentro del área de influencia directa del proyecto, con lo cual se obtiene un total de 6,190 plantas a reforestar considerando la norma de 10 x 1 de resolución administrativa 68 – 2011.

- **Especies a Establecer**

Las especies a establecer se dividen en dos grupos, el primer grupo corresponde a las especies que presentan fruto comestible (para la fauna silvestre) y su madera es considerada de buena calidad, el segundo grupo corresponde a especies cuyo valor está dado por la madera, en los cuadros subsiguientes se encuentran las especies propuestas. Estas plantas pueden establecerse en las áreas abiertas del área de influencia, las especies a utilizar para este tipo subprograma son las siguientes:

Tabla 152. Especies forestales en áreas abiertas

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Tigüilote	Cordia dentata
Cedro Real	Cedrela odorata
Cortez	Tabebuia chrysantha
Ceiba	Ceiba pentandra
Guanacaste	Enterolobium cyclocarpum
Pochote	Bombacopsis quinata
Jenízaro	Pithecellobium dulce
Acetuno	Simarouba glauca
Jiñocuabo	Bursera simaruba
Quebracho	Lysiloma spp

Tabla 153. Especies frutales a establecer

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Cítricos	Citrus spp
Mango	Manguifera indica
Aguacate	Persea americana

- **Cantidad de plantas a establecer**

Se ha estimado un total de 6,190 plantas a establecer con una densidad de siembra estándar para todas las especies es de 8 m x 8 m (64 m^2).

Tabla 154. Cantidades de plantas a establecer por especie

ESPECIE	CANTIDAD
Tigüilote	50
Cedro Real	69
Cortez	50
Ceiba	50
Guanacaste	50
Pochote	50
Jenízaro	40
Acetuno	40
Jiñocuabo	50
Quebracho	20
Cítricos	50
Mango	50
Aguacate	50
TOTAL	**619**

Establecimiento de las plántulas en el campo, en el esquema de trabajo de distribución de plantas a productores y/o para reforestar áreas ejidales de las dos alcaldías de interés.

Este aspecto contiene varias etapas siendo las siguientes:

a) Preparación del sitio a reforestar

1. Deshierbe
2. Marcado
   i. Plantación en cuadrado
   ii. Plantación en curva de nivel
   iii. Plantación en tres bolillos
3. Hoyado

b) Monitoreo de la Plantación.

- **Preparación del sitio donde se establecerán las plantas**

Para la preparación del terreno no es necesario quemar la vegetación existente, la preparación consiste en desarrollar tres (3) actividades:

a. Deshierbe
b. Marcado
c. Hoyado

- **Deshierbe**

Esta actividad consiste en eliminar hierbas o maleza ubicadas en el sitio donde se llevará a cabo la plantación lo que contribuye a:

a. Facilitar las labores de marcación y distribución de las plantas

b. Lograr un buen crecimiento inicial de las plántulas reduciendo la competencia.
c. Favorecer la disponibilidad de humedad, nutrientes, luz y espacio.

La eliminación de la vegetación puede ser total o parcial. La eliminación parcial se realiza en sitios con fuertes pendientes, para evitar el riesgo de la erosión. Se efectúa la limpieza solo en el espacio que va a ocupar la planta de aproximadamente 1 metro por 1 metro y con forma circular.

- **Marcado**

La distancia entre arboles es fundamental para su desarrollo y éxito del plan, por lo tanto, hay que saber bien donde debe abrirse cada hoyo y para logarlo hay que marcar esos sitios en el terreno. En el presente programa la distribución de los árboles se hará en base a dos (2) maneras siendo las siguientes:

a) Plantación en cuadrado.
b) Plantación en curva de nivel.

- **Plantación en cuadrado**

Este sistema se emplea principalmente cuando el terreno es plano. Los distanciamientos entre los árboles tienen la misma distancia que entre líneas (en este programa es de 8 metros x 8 metros).

- **Plantaciones en curvas de nivel**

Es un sistema utilizado para sitios que presentan pendientes pronunciadas. La distribución de las plantas debe ser en tres bolillos para favorecer el efecto positivo del control de la erosión, pero siempre siguiendo el sentido de las curvas de nivel. Para el trazado de las curvas de nivel se puede utilizar el nivel A. Para la construcción de las curvas de nivel se deberá considerar la siguiente tabla que indica las distancias de las curvas a nivel según la pendiente.

Tabla 155. Relación pendiente distancia entre curvas

PENDIENTE DEL TERRENO, %	DISTANCIA ENTRE CURVAS METROS
5	Cada 20.0
10	Cada 15.0
15	Cada 12.0
20	Cada 9.5
25	Cada 7.2
30	Cada 6.0
35	Cada 5.5
40	Cada 5.0

- **Monitoreo de Plantas**

En el establecimiento de plantas forestales el monitoreo es la actividad a desarrollar para determinar el estado de desarrollo de la misma, a partir del monitoreo se determina sí es necesario implementar poda, deshierbe, raleo u otras acciones silviculturales,

- **Fase de Protección y Mantenimiento**

Una serie de prácticas culturales apropiadas y oportunas debe garantizar la integridad de la reforestación:

1. Replante: Si el muestreo de la supervivencia es mayor del 80 %, es preferible no realizar el replante.
2. Control de Malezas: En la zona tropical no puede prescindirse del control oportuno de malezas. En el primer año, el control se hace con una frecuencia de 6 meses si la plantación se hizo sobre pastizales y 3 veces al año si la plantación se ubicó sobre terrenos con algún tipo vegetación además del pasto. Esta actividad se realiza cortando la vegetación en un círculo de 1 metro de radio alrededor de la planta.
3. Protección contra el fuego: El riesgo por incendios forestales es latente, sobre todo en la época seca; se recomienda barreras cortafuego en todo el perímetro del área. Las barreras o fajas cortafuegos pueden tener un ancho de 15 metros hasta 50 metros según densidad de la vegetación. En la temporada de mayor riesgo se deben tener medidas rutinarias como la formación de “brigadas contra incendio”, integrada por trabajadores provistos equipos y herramientas para realizar las rondas de prevención.
4. Protección contra el Hombre: El vandalismo, la corta ilegal, pueden contrarrestarse con una campaña educativa y reforzando la vigilancia.
5. Protección contra Animales Mayores: Definitivamente el daño mayor será dado por ganado vacuno y equino.
6. Componente de Engramado de terraplenes: Este trabajo consiste en la protección de taludes de terraplenes de la carretera cuando se eleva la rasante y otras áreas del proyecto, en los sitios indicados en los planos o determinados por el ingeniero supervisor, empleando materiales vegetales, principalmente Zacate Vetiver (*Vetiveria zizanioides*).

La protección vegetal de los taludes se realizará lo más pronto posible, después que cada uno de los cortes o terraplenes esté terminado en su fase de movimiento de tierras. Si esto ocurre en época seca, la protección del talud se podrá aplazar, según lo permita el cronograma de trabajo y lo apruebe la supervisión del proyecto, para el siguiente período de lluvias, de otra manera se deberá utilizar riego cuyo costo lo asume el contratista y no es parte de los costos del subprograma.

7. Siembra: Generalmente, la siembra sigue patrones diseñados con este fin con el siguiente distanciamiento 12 x 12 x 40 cm (12 cm entre plantas y 40 cm entre surcos).
8. Riego: Es mejor sembrar el vetiver en suelo húmedo. Cuando se siembra en suelo seco se debe regar el mismo día, por lo que es sumamente recomendable regar el campo el día anterior a la siembra. Si no llueve, se necesita regar diariamente durante la primera semana, cada 2 a 3 días las dos semanas subsiguientes, dependiendo del clima (los climas secos y calientes requieren más riego) y de 2 a 3 veces por semana hasta que empiecen las lluvias o hasta que el zacate vetiver esté bien establecido.
9. Mantenimiento: Como el vetiver es particularmente intolerante a la sombra, en especial durante la fase de establecimiento, durante el primer año es necesario controlar las malezas ya que pueden dar sombra, invadir y sofocar el vetiver.

   Durante el primer mes deberán reemplazarse todas las plantas de lento crecimiento que no se recobren de los daños del trasplante. Esta situación es aparente debido a que los retoños no crecen o no se producen nuevos. La poda (recorte del pasto) para mantener la altura de las plantas en 40 cm, deberá realizarse en el segundo, cuarto y sexto mes. Posteriormente, el intervalo entre podas será determinado por las necesidades propias de cada terreno. Para asegurar el buen desarrollo de los setos vivos, no deberán recibir la sombra de malezas, en especial de las trepadoras.
10. Cantidad: De acuerdo al informe de ingeniería que ha estimado una cantidad de 22,000 metros cuadrados de terraplenes a ser engramados para protegerlos

(DYSCONCSA, 2023), lo cual es un dato preliminar y será ajustado una vez que se inicie la construcción será afinado.

4.4.1.8 Subprograma de Medidas a la Reducción de la Vulnerabilidad ante el CC

De acuerdo al IPCC 2018, IPCC 201411, IPCC 200712, estima que las magnitudes crecientes del cambio climático aumentan la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles, tanto en sistemas productivo como en infraestructuras en todas sus modalidades.

Según una investigación sobre el impacto del calentamiento realizada por el Estado de la nación[13], indica que Centroamérica es responsable de menos del 0,5% de las emisiones de gases de efecto invernadero, pero es el "punto caliente" más prominente de los trópicos y emerge como la zona más vulnerable al impacto del cambio climático. En Nicaragua, por ejemplo, en los últimos 30 años son evidentes los cambios en los patrones históricos de las precipitaciones y otras variables climáticas.

En la zona donde se encuentra inmerso el tramo de carretera se caracteriza por ser una zona de cerros, los cuales se caracterizan por presentar alturas que varían entre 200 hasta los 600 msnm; disectada por una secuencia de causes naturales temporales que tienen un drenaje hacia el Sureste y en menor proporción hacia el NE. Al no contar con un cuerpo de agua permanentes dentro del área de influencia directa del proyecto, es menester actuar en correspondencia con las actuaciones adversas del proyecto, de tal manera que el presente sub programa implemente medidas que mejoren la capacidad de adaptación de las poblaciones aledañas y, consecuentemente, la conservación de la biodiversidad en el ámbito del proyecto, específicamente del área de intervención directa del proyecto.

- **Desarrollo del Sub programa**

Previo, a las medidas de gestión de los distintos escenarios de vulnerabilidad ecológica que se describen más abajo, conviene compatibilizar las medidas de mitigación, resultante del Plan de Gestión Ambiental, frente al cambio climático.

[11] Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) 2014a. Resumen técnico. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del IPCC [Edenhofer, O., R. Pichs Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. 120p.

[12] Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) 2007a. Resumen Técnico. En Cambio, Climático 2007: Base de Ciencia Física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. averyt M. Tignor y H. L. Miller (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. 132p.

[13] https://estadonacion.or.cr/.

- **Ante inundaciones**

A como se ha mencionado anteriormente, la zona no es propensa a inundaciones; sin embargo, por el drenaje natural existente, se construirán obras hidráulicas en los sitios de intersección del eje del camino con el drenaje, en estos sitios y ante los fenómenos meteorológicos, se pueden presentar aumento de los niveles naturales del escurrimiento dentro de los cauces que pueden provocar afectaciones ya sea a los trabajadores como a las estructuras de puentes u otro tipo de obras hidráulicas en desarrollo. Para reducir la vulnerabilidad ante incremento de niveles en del flujo de agua en los cauces naturales, en el área de influencia del proyecto, se recomiendan las siguientes acciones que estarán a cargo del contratista:

1) Conocer el plan municipal de SINAPRED ante la ocurrencia de fenómenos meteorológicos potencialmente dañinos para el proyecto.
2) Coordinar acciones con las autoridades competentes.
3) Establecer brigadas de trabajo ante la emergencia de inundaciones (incremento de niveles anormales en los cauces).
4) Establecer en el área del plantel, un pluviómetro que deberá ser monitoreado pertinentemente.
5) Monitorear los volúmenes de agua en los diferentes cauces en el área del tramo de carretera.
6) Capacitar al personal de la empresa contratista y establecer áreas de seguridad donde se puedan resguardar mientras se presenta una situación de emergencia.
7) Poner a disposición equipo de construcción al requerimiento de las autoridades competentes para ayudar en una situación de emergencia.

- **Ante deslizamiento**

Para este proyecto no presenta vulnerabilidad ante deslizamiento debido a que está inmerso en una zona que por las condiciones naturales no es proclive a inestabilidades, en dicho sentido, el valor de la susceptibilidad se clasifica como baja a muy baja (Mora et al, 2021).

- **Ante la Sequía**

La Sequía es un fenómeno natural que incide en el proceso constructivo si se presenta debido a que no se tendría fuentes naturales para la obtención de agua, de por si es un

recurso escaso en el área de influencia del proyecto. Para reducir la vulnerabilidad ante la sequía se recomiendan las siguientes medidas que el contratista deberá considerar y puede implementar otras que no están contempladas en el presente programa.

1) Establecer un monitoreo constante sobre la temperatura ambiente debido a que altas temperaturas pueden causar afectaciones a la salud de los trabajadores y a la maquinarias, materiales y equipos de apoyo.
2) Dotar de agua potable a sus trabajadores para evitar afectaciones a la salud.
3) Identificar en el área de influencia del proyecto las fuentes de agua para el abastecimiento (pozos comunales y de ENACAL), tanto para el agua de consumo como para las actividades de construcción.
4) Deberán considerarse las medidas sanitarias en el caso de agua potable, para evitar perjuicio a la saludad de los trabajadores.

4.4.1.9 Subprograma de Protección, Manejo de Áreas Protegidas y Ecosistemas naturales

A como se ha mencionado, el tramo de Camino no se ubica dentro de ninguna categoría de Areas Protegidas del Sistema Nacional de Areas Protegidas (SINIA); por lo tanto, este punto no es necesario completarlo.

Por otro lado, de acuerdo con el Informe de inspección Arqueológica (DYSCONCSA, 2023), en 6 sitios en el área de influencia del proyecto se encontraron evidencias de restos arqueológicos, incluyendo alguno de los sitios bancos de préstamos.

4.4.1.10 Subprograma de Señalamiento Vial Preventivo

Este es uno de los elementos más importantes del funcionamiento del camino La Paz Carazo San Pedro Niquinohomo, ya sea durante la etapa de construcción como durante la etapa de funcionamiento del proyecto; y el cual se ha elaborado considerando el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el control de Transito (SIECA, 2000). A continuación, se presentan todos los aspectos relacionados con el señalamiento vial preventivo que el contratista ejecutaran en todas y cada una de las etapas del proyecto.

- **Descripción de las obras de señalamiento vial preventivo:**

Las obras de señalamiento vial preventivo consideran, de parte de la empresa subcontratada para realiza la obra, el suministro e instalación de las señales de tráfico tanto verticales como horizontales, incluyendo los accesorios como postes, marcos y tableros que son de tipo reglamentarios, preventivos, informativos y con carácter de permanencia a lo largo del tramo del camino. Esta actividad de demarcación y señalización se desarrollará tanto en las fases constructivas como de operación. La señalización del camino será de acuerdo al reglamento de circulación vial vigente en el país y el SIECA (2000); y para ello se consideran materiales de buena calidad y bien cimentados para obtener una permanencia adecuada en el tiempo.

- **Indicadores de cumplimiento:**

a. Señales temporales mientras se ejecuta la obra.
b. Señales permanentes ejecutadas en donde contemple el diseño para la obra terminada.

- **Responsable de la ejecución**

La persona designada por el Contratista en coordinación con las autoridades de la Dirección de Tránsito de la Policía Nacional a cargo de los Departamentos de Carazo como de Masaya.

- **Período de ejecución**

Durante toda la ejecución del proyecto.

La firma constructora garantiza la libre circulación, aún en período de ejecución de obras, para lo cual colocará la señalización necesaria conforme a lo dispuesto en el manual SIECA (2000), la cual deberá cumplir siguiendo la propuesta que se presenta o diseñar una propuesta mejorada, la que deberá ser discutida y aprobada por las entidades relacionada con la Seguridad Vial tanto de la firma supervisora como del MTI.

El subprograma de señalización vial preventivo aplica para todo el proyecto, principalmente y limitarse a ello, en los sitios de excavaciones, construcción de obras hidráulicas, segmentos del camino de interés para el proyecto como desvíos provisionales y salidas de caminos perpendiculares al eje del camino, áreas pobladas, zona de escuelas, etc.

Cabe destacar que la Señalización Informativa / Preventiva deberá ubicarse en el inicio y fin del tramo. Asimismo, en los bancos de materiales a explotar. Durante la construcción del tramo, se presentarán algunas condiciones que podrían afectar la circulación de vehículos,

personas y fauna silvestre que transita por la zona, las cuales es preciso señalizar. Se deberá implementar normas y procedimientos que permitan reducir el riesgo de accidentes, garantizando que el tráfico de los usuarios sea más ágil y seguro.

Para el Desarrollo del Sub Programa, las señales verticales de tránsito que se emplearan están incluidas en las señales de tránsito, preventivas, reglamentarias e informativas contenidas en el manual SIECA (2000). En algunos tramos se hará trascendental la necesidad de apoyarse con personal abanderado para colaborar en la regulación del tráfico, quienes deberán se previamente capacitados por la Policía Nacional (PN).

Los controles efectivos del tránsito aumentan la seguridad vial y la eficiencia en la realización de las obras dentro del área de trabajo, independientemente del tipo de obra que tiene lugar. El control efectivo deberá proveer seguridad tanto a los trabajadores como a los usuarios de la vía y a los peatones. Para que sea efectivo, cualquier dispositivo para el control del tránsito deberá cumplir a cabalidad los cinco requisitos fundamentales que se detallan a continuación:

1. Satisfacer una necesidad para la adecuada circulación del tránsito. Cuando se coloca un dispositivo donde no se requiere, no sólo resulta inútil sino perjudicial por cuanto inspira irrespeto en el usuario; además, cuando este problema es frecuente, en forma reiterada se violan las expectativas de los usuarios, con lo cual se fomenta una cultura de desobediencia generalizada al señalamiento.
2. Atraer la atención del usuario. Todo dispositivo debe ser advertido por el público. Cuando esto no se cumple, el dispositivo resulta completamente inútil.
3. Transmitir un mensaje claro y sencillo. La indicación suministrada por un dispositivo debe ser concisa y clara para que sea interpretada rápidamente.
4. Infundir respeto a los usuarios de la vía. Los usuarios deben ser obligados, por la sensación que brinde el dispositivo, a respetar la indicación que éste transmite. Se debe utilizar un lenguaje formal.
5. Permitir suficiente tiempo y espacio para una respuesta adecuada. Los dispositivos deben tener un diseño y colocarse de modo que el usuario, al advertirlos, tenga suficiente tiempo y espacio para efectuar la maniobra o realizar la acción requerida conforme lo dispongan los mensajes.

a. Diseño

El diseño y la apariencia exterior del dispositivo tienen gran importancia en el desarrollo de su función. El diseño del dispositivo debe asegurar que cada característica como tamaño, contraste, colores, figura, composición e iluminación, estén combinadas para llamar la atención del usuario hacia el dispositivo. Asimismo, la forma, tamaño, colores y simplicidad del mensaje deben combinarse para producir un mensaje claro.

El diseño también debe garantizar que la combinación de legibilidad, tamaño y ubicación del dispositivo permitan un tiempo adecuado de percepción y reacción; y que la uniformidad, tamaño, legibilidad y razonabilidad de la regulación se combinen para infundir respeto. Combinando en forma conveniente el tamaño, colores, forma y composición de los dispositivos se logra que la comprensión de los mensajes se efectúe desde una distancia mayor y en un tiempo más corto.

b. Localización

La ubicación de los dispositivos debe ser tal que garantice que el dispositivo esté dentro del cono visual del usuario, de manera que atraiga su atención y facilite su lectura e interpretación tomando en consideración la velocidad a la que vaya el vehículo.

El dispositivo debe estar posicionado con respecto al punto, objeto o situación a la cual se aplica, para ayudar a transmitir el mensaje correcto. Su localización, combinada con una legibilidad adecuada, debe ser tal que un conductor viajando a velocidad normal cuente con tiempo suficiente para su comprensión y para responder en forma adecuada, ya sea para efectuar la maniobra o realizar la acción requerida conforme lo dispongan los mensajes.

c. Uniformidad

La uniformidad de los dispositivos para el control del tránsito simplifica la labor del usuario de las vías públicas, puesto que ayuda al reconocimiento y entendimiento de los mismos, ofreciendo a los peatones, conductores, inspectores de tránsito y autoridades judiciales, la misma interpretación de un dispositivo dado. De igual modo favorece la reducción de los costos de fabricación, instalación, conservación y administración de dichos dispositivos. Dicho en forma simple, uniformidad significa tratar situaciones similares en la misma forma.

El esfuerzo que desarrollan los usuarios del camino para descifrar el mensaje de los dispositivos se simplifica cuando existe uniformidad en éstos por cuanto el significado de la indicación se conoce de antemano. Un determinado dispositivo deberá emplearse siempre para el mismo propósito y colocarse en una localización similar de acuerdo con el lugar donde rige su indicación y ésta ha de ser la misma para que los usuarios se habitúen a reconocerla inmediatamente.

El uso de dispositivos uniformes de control de tránsito por sí mismo no constituye uniformidad. Cuando se usa un dispositivo estándar en un sitio donde no es apropiado, se está en presencia de una situación tan inaceptable como utilizar un dispositivo no estándar. De hecho, esta situación puede ser más dañina, ya que el uso incorrecto puede resultar en irrespeto de parte de los usuarios en aquellos sitos donde el dispositivo realmente se necesita.

d. Código de Colores

Los siguientes códigos de colores establecen significados generales para nueve colores de doce posibles, que han sido identificados como apropiados para uso en la transmisión de información de control de tránsito. Valores centrales y límites de tolerancia para cada color están disponibles a través de la FHWA en Estados Unidos.

- **Color Amarillo**: Prevención general (color de fondo de las señales de prevención).
- **Color Anaranjado**: Prevención de situaciones temporales, como trabajos de construcción, mantenimiento, reparaciones, atención de incidentes y emergencias (color de fondo de señales de prevención temporal).
- Color Blanco: Regulación e información (color de fondo para las señales de reglamentación y de información en vías convencionales. Se usa en la leyenda de la señal de “ALTO”, R-1-1, y en las leyendas de las señales con color de fondo rojo, negro, verde, azul y café).
- **Color Negro**: Regulación, prevención e información (color fondo de señales de regulación nocturna. Se usa en los símbolos, ribetes y figuras de todo tipo se señales, en particular en las señales con color de fondo blanco, amarillo y anaranjado).
- **Color Rojo**: Alto, prohibición o maniobra crítica (color fondo en la señal de “ALTO” y otras reglamentarias que se refieren a maniobras críticas. También se usa en las

orlas, símbolos, letras y la barra o franja diagonal en algunas señales de reglamentación,).

- **Color Azul**: Guía de servicios al automovilista y al turista (color fondo de esas señales informativas).
- **Color Verde**: Indica movimientos permitidos y guía de navegación y direcciones en vías rápidas, autopistas y ciclovías (color de fondo de ese tipo de señales informativas).
- **Color Café**: Guía a sitios recreativos, parques nacionales y otros de interés cultural, administrados por entes públicos o sin fines de lucro (color de fondo de esas señales informativas).
- **Color Amarillo Limón (Fluorescente):** se autoriza su uso opcional en sustitución del amarillo, únicamente para prevenir sobre la presencia de cruces de peatones, de bicicletas y en zonas escolares, con el fin de mejorar la visibilidad de la señal en horas de baja luminosidad solar.

e. Clasificación

Desde el punto de vista funcional, las señales verticales se clasifican en:

- **Señales Preventivas:** son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza.
- **Señales Reglamentarias**: son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito de cada país. La violación de la regulación establecida en el mensaje de estas señales constituye un desacato, que es sancionada conforme con lo establecido en la ley de tránsito. Este tipo de infracciones se sanciona con multas, el retiro de la circulación del vehículo, o la suspensión de la licencia.
- **Señales Informativas**: son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de navegación y orientación de los usuarios.

f. Principios Fundamentales

La preparación de planes especiales y coordinación con las autoridades y concesionarios del transporte público, en especial de la modalidad autobús, así como con otros entes públicos, como la policía, unidades de emergencias, escuelas, etc., pueden requerirse para reducir situaciones inesperadas e inusuales para la operación del tránsito.

La seguridad de los trabajadores que realizan las distintas tareas dentro del área de trabajo es de igual importancia que la seguridad del público que atraviesa dicha área. Las áreas de trabajo presentan condiciones temporales que cambian constantemente y que son inesperadas para el viajero. Además, estas condiciones del área de trabajo casi siempre presentan situación es que resultan confusas para el conductor. Por ese motivo se crea un grado de vulnerabilidad aún mayor para el personal en o cerca de la vía. Los elementos clave de la administración de control de tránsito que deberán ser considerados en cualquier procedimiento para garantizar la seguridad del trabajador:

- Adiestramiento: Todos los trabajadores deberán recibir adiestramiento sobre cómo trabajar cerca del tránsito de tal forma que se minimice su vulnerabilidad. Además, los trabajadores con responsabilidad de control de tránsito específica deberán ser capacitados en técnicas de control de tránsito, colocación y uso de dispositivos.
- Vestuario de trabajo: Los trabajadores expuestos al tránsito deberían vestir con colores brillantes, altamente visibles, similares a los que deberán utilizar los abanderados. Como mínimo, los trabajadores deberán usar chalecos retro reflectivos de seguridad, preferiblemente de color amarillo, anaranjado, amarillo limón fuerte, plateado o blanco retro reflectivo de alta intensidad, o una combinación de estos colores.
- Barreras: Las barreras deberán ser colocadas a lo largo de los espacios de trabajo, dependiendo de factores como claro lateral entre los trabajadores y el tránsito adyacente, velocidad del tránsito, duración de las operaciones, hora del día y volumen de tránsito.
- Reducción de velocidad: En situaciones altamente vulnerables, se deberá dar consideración a la reducción de la velocidad del tránsito a través de señales reglamentarias que definan una zona de velocidad reducida; la disminución gradual

del ancho de los carriles (efecto de túnel); regulación de la policía de tránsito; o uso de abanderados.

- Control de la Policía de Tránsito: En situaciones de trabajo altamente vulnerables, en particular aquellas de relativa corta duración, el emplazamiento de unidades policiales resalta la atención de los usuarios y es muy probable que cause una reducción en la velocidad de marcha.
- Iluminación: Para trabajos nocturnos, la iluminación de las aproximaciones y el área de trabajo permite al conductor una mejor comprensión de las restricciones que se han impuesto. Se debe tener cuidado para asegurar que la iluminación no cause deslumbramiento.
- Información al público - El comportamiento de los conductores en las zonas de trabajo puede ser mejorado a través de información previamente difundida al público por los medios de comunicación. Esta actividad como mínimo debe incluir la naturaleza del trabajo, el tiempo y duración de su ejecución y los efectos anticipados sobre la corriente de tránsito y las posibles rutas alternas o modos alternos de viaje.
- Cierre de vías - Si existen rutas alternas adecuadas para manejar el tránsito desviado, la carretera o camino puede ser cerrado temporalmente durante las horas de mayor riesgo para los trabajadores. Con esta medida no solo se ofrece mayor seguridad laboral para el trabajador, sino que también se facilita la pronta terminación del proyecto, reduciéndose así la vulnerabilidad de la fuerza laboral.

g. Dispositivos para Señales de Mano

Los dispositivos de señales de mano tales como las paletas de “ALTO” “SIGA” o “DESPACIO”, luces y banderas rojas, son utilizadas para controlar el tránsito a través de zonas temporales de trabajo. Las paletas de “ALTO” o “DESPACIO”, dan al conductor una guía más efectiva que las banderas rojas, y deberán ser el dispositivo primordial de las señales de mano.

La paleta estándar deberá tener 46 cm de ancho, forma octogonal, con letras de por lo menos 15 cm de alto. La paleta deberá tener un mango rígido. Esta señal de mano deberá ser fabricada de material semirrígido liviano. El color de fondo de la cara con la leyenda “ALTO” deberá ser rojo con ribetes y letras blancas.

El uso de banderas deberá limitarse a situaciones de emergencia y a sitios de baja velocidad o bajo volumen donde la situación puede ser controlada de mejor forma por un sólo abanderado.

Las banderas utilizadas para señalización deberán tener un mínimo de 155 cm, deberán estar fabricadas de tela roja de buena calidad y estar atadas en forma segura a una asta de alrededor de1 m de largo.

El extremo libre de la bandera deberá tener contrapesos para que la bandera cuelgue verticalmente, aun cuando soplen fuertes vientos. Cuando se utilice de noche, las banderas deberán ser de color rojo retro reflectivo.

Procedimientos para Señales de Mano

Los siguientes métodos de señalización manual con las paletas de "ALTO" o "DESPACIO" deberán ser utilizados:

Figura 85. Abanderado: Tráfico Detenido

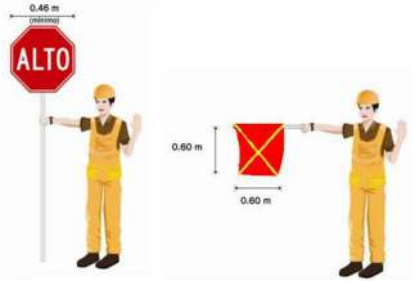


Figura 86. Abanderado: Trafico en Movimiento

Figura 87. Abanderado: Otras señales de mano

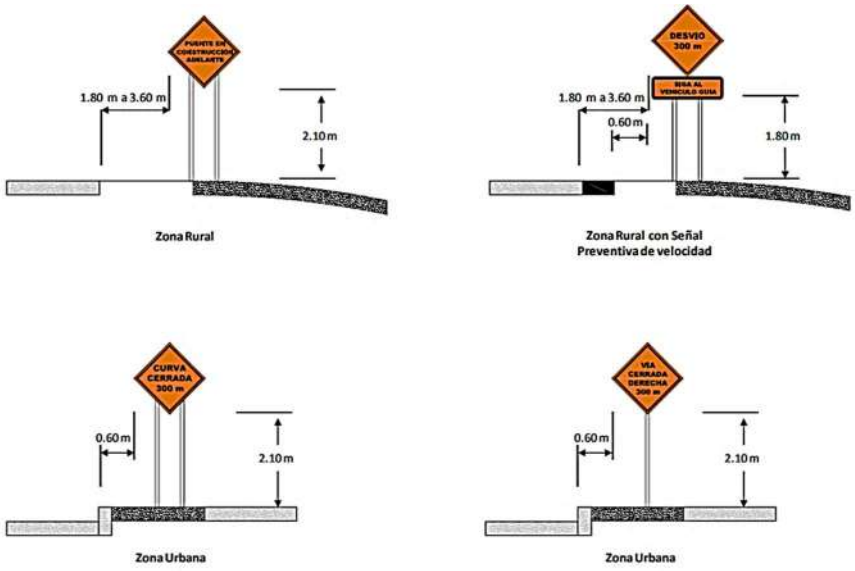
h. Señales Verticales

Las señales para el control temporal de tránsito transmiten mensajes tanto generales como específicos, por medio de palabras o símbolos y tienen las mismas tres categorías de todas las señales de tránsito: señales de regulación, señales de prevención y señales de información y guía.

- Las señales de prevención en áreas de trabajo temporal deberán tener leyendas y ribetes negros sobre fondo anaranjado.
- Las señales de prevención con fondo de color amarillo que se encuentren dentro de la zona de control de tránsito y que todavía mantengan su función, deben permanecer en su lugar.
- Todas las señales utilizadas de noche deberán ser retroreflectivas, con un material que tiene una superficie exterior lisa y sellada.

Las dimensiones de las señales mostradas aquí corresponden a los tamaños estándar, los cuales pueden ser incrementados donde se considere necesario para mejorar la legibilidad o aumentar el énfasis.

Figura 88. Señales Verticales



i. Señales de Prevención

Las señales de prevención en zonas de control temporal de tránsito se emplean con el objeto de prevenir a los usuarios sobre la existencia de una situación peligrosa en la carretera o adyacente a ella y la naturaleza de la misma, así como el proteger a peatones, trabajadores y equipo de trabajo en áreas de trabajo.

Las señales de prevención exigen precaución de parte del conductor ya sea para disminuir la velocidad o para que efectúe otras maniobras que redundan en su beneficio y en el de otros conductores, peatones o los trabajadores.

Las señales de prevención tendrán forma cuadrada con una diagonal vertical, esquinas redondeadas con ribetes, símbolo y mensaje en color negro sobre fondo anaranjado con acabado retro reflectivo. El color de fondo anaranjado es de uso exclusivo para el manejo de incidentes y situaciones temporales.

Figura 89. Alto Adelante

PP-3-1b

Figura 90. Desvío a 300 m.

PP-13-4

Figura 91. Puente en construcción

PP-13-11

Las señales preventivas se colocarán antes del sitio en donde existiere el peligro que pretende señalar, y a una distancia que dependerá de la velocidad obligada que exijan las condiciones del proyecto de que se trate, o de la establecida por la autoridad competente para casos similares. Ejemplos de señales preventivas:

Figura 92. Otras Señales Preventivas

a. Señales de Información

Las señales informativas tendrán por objeto guiar a los conductores en forma ordenada y segura, de acuerdo con los cambios temporales necesarios, durante la construcción, mantenimiento, conservación u otros trabajos que se realicen en las vías públicas y zonas adyacentes.

El tablero de las señales de información será rectangular, con las esquinas redondeadas y colocado con su mayor dimensión en forma horizontal. El radio de las esquinas será de cuatro centímetros, quedando el radio interior de dos centímetros para la curvatura del filete.

El color de fondo del tablero será naranja, con acabado retro - reflectivo, y el color para las leyendas, caracteres y orla será negro. Ejemplos de señales de información:

Figura 93. Señales Informativas

4.4.1.11 Subprograma de Instalación y Operación de Planteles

Para la construcción del proyecto en su totalidad se construirá un campamento para albergar a todos los trabajadores que participen en el proyecto. Este campamento estará ubicado al Suroeste de Casco Urbano de San Jose de Masatepe, el caserío El Panamá. El campamento se ubica a menos de 100 m del eje del camino a construir y a menos de 300 m el camino principal existente.

La construcción del campamente en este sitio se justifica por el hecho de que es el punto donde existen mejores condiciones para que los trabajadores puedan pernoctar y hay condiciones de mano de obra local que puede apoyar con todas las actividades de mantenimiento del mismo. Por otro lado, se encuentra a una distancia cercana al proyecto, lo que sicológicamente es bueno para los trabajadores; en la tabla siguiente se presentan las coordenadas del sitio propuesto preliminarmente y que en la etapa de construcción del proyecto serán ratificadas o cambiadas por la empresa que vaya a desarrollar el proyecto de mejoramiento del camino.

Tabla 156. Coordenadas del Sitio Campamento Propuesto

No.	X Coord.	Y Coord.
1	592791	1309381
2	592928	1309414
3	592820	1309241
4	592956	1309277

El campamente tendrá los siguientes componentes:

- **Bodega Principal**

Esta bodega será construida de esqueleto de metal reforzado, con clavadores de perlines, techo de zinc a dos aguas. El piso será de concreto. Las paredes serán de zinc estructuras de buen calibre. Las puertas serán corredizas y habrá la suficiente ventilación (ventanas y extractores de aire en el techo).

Para la colocación de los estantes se tomarán en cuenta las recomendaciones de la Ley de Higiene y Seguridad en el trabajo, en cuanto a la distancia entre estantes, entre estantes y el techo, forma de anclaje y recomendaciones para la ventilación y circulación de aire interno. Para efectos de iluminación, se colocarán un traga luz en toda la parte central del techo, con lo cual durante el día habrá suficiente luminosidad para que haya un trabajo seguro dentro de la bodega.

En la figura siguiente se incluye un diseño preliminar de la bodega, la cual tendrá un área de 20 x 10 (200 m^2 aproximadamente):

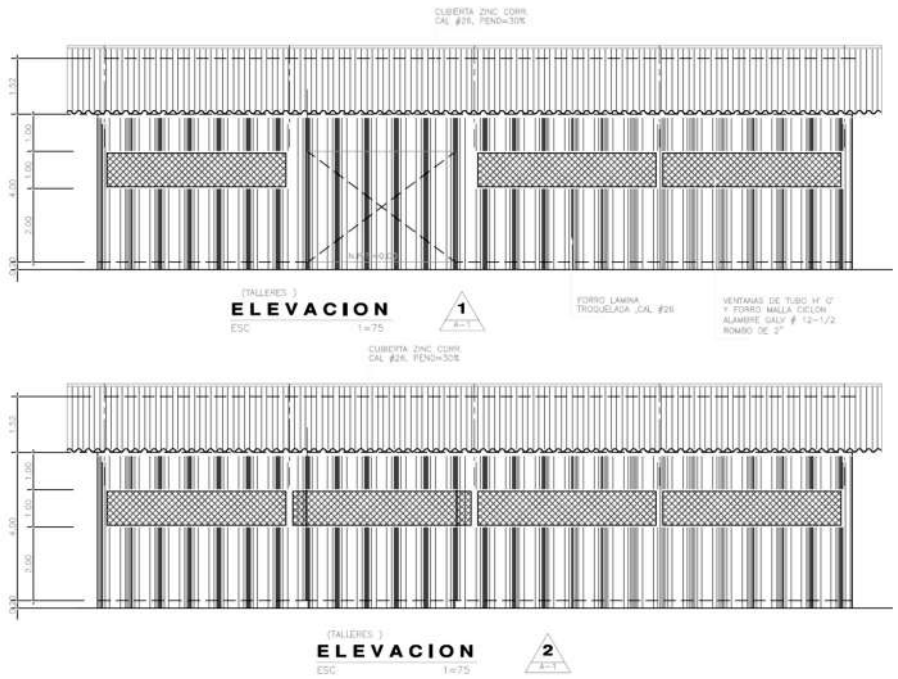


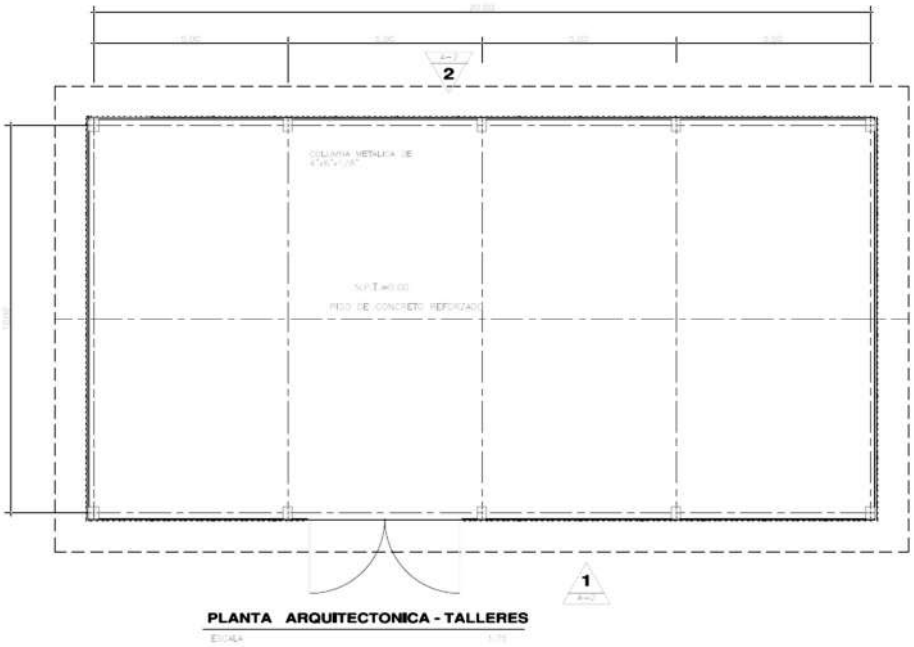
Figura 94. Elevación diseño de Bodega

- **Taller**

Por su lado el taller tendrá una superficie construida de 20 m x 10 m de ancho, con una altura de 1.52 m. Se construirá con esqueleto estructural de perlines, con techo a dos aguas con clavadores de perlines y zinc a dos aguas. El piso será impermeable, no tendrá paredes y en su lugar se colocará una malla perimetral para permitir que haya suficiente ventilación en el sitio y evitar afectaciones a los trabajadores por vapores de combustión.

Figura 95. Diseño Básico preliminar del taller

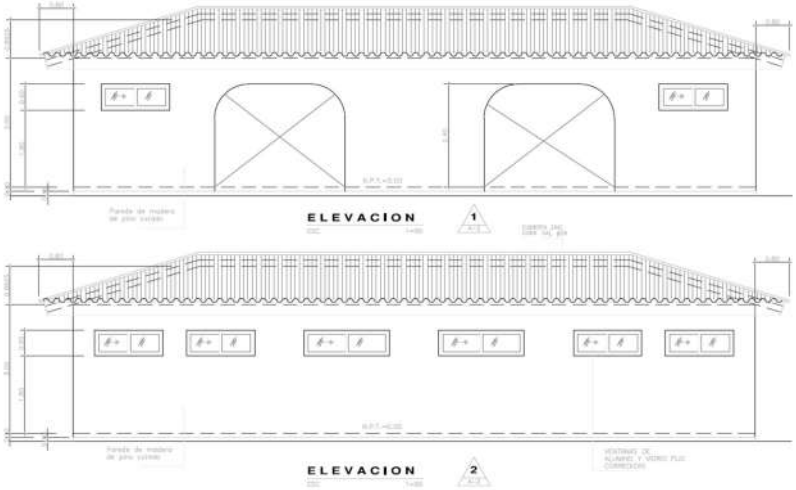
Figura 96. Planta de Taller



- **Dormitorios**

Estos serán de madera de pino certificada. El techo será de zinc a dos aguas con esqueleto de madera. El piso será de concreto y tendrá ventanas. Las camas serán de dos pisos para economizar el espacio. La altura será de 2.50 m. El área total del dormitorio será de 25 x 25 m y estará dividida en dos secciones, separadas por una pared de madera de pino.

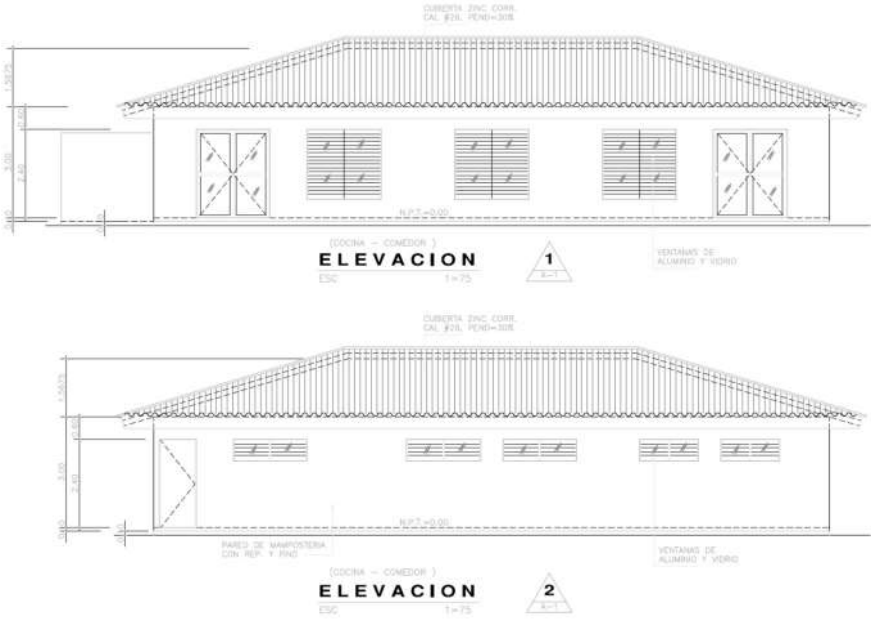
Figura 97. Diseño Básico de Dormitorios



- **Cocina:**

La cocina será de bloques, con piso de cemento reforzado, con techo de zinc con estructura de metal y con un cielo falso. Se colocará un extractor de humo industrial. El área de esta se estima en 50 m2, para incluir un comedor y área de servicio.

Figura 98. Diseño de Cocina



- **Sistema de Tratamiento de aguas Residuales (STAR)**

Debido a que en el sector se carece de infraestructura de Alcantarillado Sanitario el campamento constará con un sistema de tratamiento de aguas residuales muy eficiente y sencillo de construir y el cual estará compuesto de retenedor de grasa y solidos + Fosa Séptica de doble cámara + FAFA + Fosas de infiltración.

El campamento tendrá los siguientes elementos oficinas, cocina, comedor y baños tendrán servicio sanitario compuesto por inodoros de tanque, lavamanos, lava lampazo, duchas, urinario, llaves para jardines y drenajes de piso, entre otros elementos de importancia.

Es importante señalar que el diseño del STAR se ha elaborado considerando una población de 50 personas (en el caso del campamento) y la misma composición, pero con medidas más reducidas para las dos subestaciones, en las cuales la población a servir es mucho menor.

En el caso del K (coeficiente de infiltración del suelo) se asume un valor de 100 l/m^2/día y cuyo valor es suficiente para la disposición final del efluente tratado.

Los efluentes drenados por las tuberías internas y las de recolección serán llevados a un ***Tanque o fosa Séptico*** de doble cámara seguida de ***Filtro Anaerobio de flujo Ascendente*** (FAFA) y de este a un pozo de Absorción. El cálculo de estos sistemas se presenta a continuación: el volumen de agua a tratarse en el Tanque Séptico es de 2,400 lt aproximadamente, en consecuencia, el volumen o capacidad del tanque séptico será de 3.90 m^3.

El Filtro Anaerobio de Flujo ascendente tendrá un Volumen útil de 1.60 m^3 para un tiempo de retención de 0.5 días. Según normas el lecho filtrante tendrá una altura de 1.20 m y estará compuesto por material granular de cantos rodados de 2“ a 4“ de diámetro y deberán ser lo más esféricos posible. El lecho filtrante de cantos rodados estará soportado por una loseta de concreto perforada con agujeros de 1/2 “cada 4“ en toda el área que asegure el flujo del agua hacia la parte superior, la losa de concreto se apoya en cada lado de las paredes del filtro en una ménsula. La losa estará atravesada por segmentos de tubos PVC de 1/2“ a cada 10 cm de centro a centro, para lograr que el agua solo pase a través de los tubos.

El efluente de aguas tratadas en la fosa Séptica y Filtro Anaerobio de flujo Ascendente se dispondrá hacia un Pozo de Absorción de dimensiones: 2.2 m de diámetro y 5.50 m de profundidad. Los cálculos se muestran a continuación:

1. Volumen que sale del Filtro = 1,600 lt.
2. Usando una Tasa de Infiltración = 100 lt/m²/día según estudio de infiltración realizado en el sitio para determinar este valor.
3. Luego el área total requerida es (1,600 lt/día)/(100 lt/m²/día) = 16 m².
4. El área lateral disponible con un (1) pozo de absorción cuyas dimensiones son: 2.0 m de diámetro y una profundidad útil, es decir de estrato permeable, de 3.00 m será de 2 x 3.1416 x 3.00 = 18.85 m² superior al área requerida. Por lo tanto, es suficiente un pozo de absorción.

En el anexo 1 se presenta los diseños del FAFA y los cuales deberán de ser ajustados una vez que se defina el sitio exacto del plantel o en su defecto que el sitio sea aceptado por el MTI y la gerencia de la empresa constructora.

- **Caseta de control (vigilancia)**

Esta se construirá de mampostería confinada con ventanas laterales, con techo de zinc a dos aguas, de piso cerámico, con cielo falso. Las puertas serán de madera, las ventanas de vidrio con marco de aluminio. Las paredes serán acabadas con fino y pintura base.

- **Malla perimetral**

La valla perimetral es un elemento importantísimo dado que es el elemento que dividirá el medio natural de la subestación. Sirve para evitar que personas ajenas y/o animales ingresen a la subestación y puedan sufrir daños severos. En esta malla perimetral se colocarán los rótulos preventivos necesarios para avisar a las personas del peligro existente dentro de la subestación. Esta malla perimetral será de malla ciclón con armadura de tubos y con cimentación de piedras canteras o bloques.

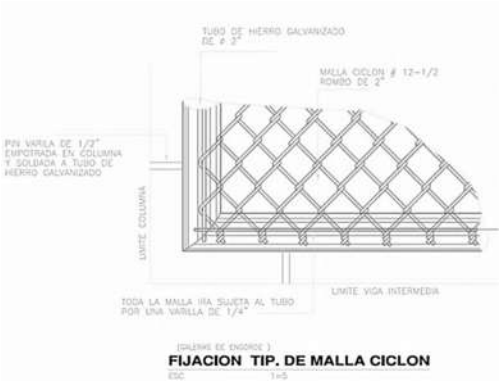


Figura 99. Malla Perimetral

Actividades para el Correcto Manejo Ambiental del Campamento:

1. Manejo de Desechos Líquidos incluyendo excretas: Se construirá un FAFA en la zona del campamento y cuya descripción se ha abordado anteriormente.
2. Manejo de Desechos Sólidos: El manejo de desechos sólidos se ha abordado en el Subprograma de Manejo de Desechos Sólidos.
3. Manejo de desechos líquidos y sólidos peligrosos: Los desechos líquidos de la cocina, se manejará con un una trampa de grasas y el efluente tratado, se conectará al FAFA y de esta manera se logra un manejo adecuado. En el caso de los desechos sólidos peligrosos, este tema diáfanamente se aborda en el Subprograma de Manejo de Hidrocarburos.

4. Manejo de Escurrimiento: Para el manejo del escurrimiento dentro del campamento, se consideran las siguientes medidas:
   a. Todos los techos tendrán instalados canales pluviales, los cuales tendrán un bajante y el agua que sale de este, se conduce hasta una reductor de velocidad.
   b. El agua o flujo desde el reductor, es conducida por un canal hacia una fosa de infiltración, la cual tendrá medidas mínimos de 2 m x 0.5 m de ancho x 1 m de profundidad. La zanja de infiltración estará rellena de bolones y de esta manera se propicia la infiltración hacia el subsuelo. Los excesos se conducen por un canal hasta el sistema de drenaje natural.
   c. Los patios y accesos, será recubiertos por un material granular que puede ser grava y/o piroclastos, de esta manera se estabiliza el suelo y se logra que no haya excesos de escurrimiento por la infiltración que este material propicio.
   d. Los canales conducen el agua de escurrimiento hasta el drenaje natural. En el sitio de descarga, se construirá un cabeza con un reductor de velocidad para efectos de que el agua no provoque erosión del suelo en el sitio.
5. Manejo de paisaje escénico del campamento: Para reducir el impacto del paisaje con la construcción del campamento, se ejecutarán las siguientes medidas:
   a. Se crearán zonas de jardines con plantas decorativas adecuadas al entorno.
   b. Los colores de pintura para las diferentes estructuras deben de diseñarse en base a las recomendaciones de un especialista en paisajismo.
   c. Se crearán sitios con engramado de tal manera que haya un ambienta verde en el sitio.
   d. Se colocarán de forma perimetral plantas decorativas en el sitio del plante.
   e. En caso de que durante la ocupación haya árboles, se aplica la misma norma: por cada árbol cortado se deben de sembrar 10.
   f. Se colocarán rótulos para que no se permita la casa, quema o corte de árboles.
   g. Entre otras medidas sin limitarse a ellas.
6. Actividades de manejo pandémico en el marco del COV-19: Se llevará un estricto control del seguimiento de esta pandemia, aun cuando ya se ha declarado un levantamiento de las restricciones, cuyo actividades y medidas se plasman en el punto 12.23 de este EIAS.

4.4.1.12 Subprograma de Gestión y Obtención de Permisos Ambientales

Este subprograma revierte una especial importancia para el buen desempeño ambiental de la empresa contratista que estará a cargo del desarrollo del proyecto; finalmente, este sub Programa se elaboró para establecer de manera clara las responsabilidades de las partes en cuanto a las gestiones de Permisos que deben obtenerse para el desarrollo del Proyecto; así como guiar la gestión administrativa.

- **Desarrollo del Programa:**

En la tabla siguiente se presentan todas las actividades concernientes a los procedimientos administrativos ambientales que la empresa contratista ejecutara para una gestión administrativa correcto de los aspectos de manejo ambiental del proyecto.

Tabla 157. Procedimientos administrativos ambientales

REQUERIMIENTO ADMON	ACCIONES
Autorización Ambiental del Proyecto que emite la Municipalidad.	El proponente del Proyecto llena formularios de solicitud de autorización ambiental, adjunta soportes de rigor en la que se incluye el EIAS y solicita a la municipalidad el AVAL ambiental. En este caso se someterán ante las Alcaldías de La Paz Carazo y de Niquinohomo.
Autorización para el corte de árboles en el derecho de vía que emite INAFOR.	Se inicia con la subcontratación de un Regente Forestal, quién será el encargado de realizar un inventario de los árboles identificados en el derecho de vía y/o Bancos de Materiales, señalando aquellos que se serán cortados o talados por la ejecución del Proyecto y proponiendo el correspondiente Plan de Reposición. El proponente del Proyecto, preparará misiva a la Delegación Territorial correspondiente, solicitando la Autorización para el corte de los árboles que se verán afectados por la ejecución del Proyecto. Se adjuntará inventario forestal y Plan de Reposición preparado por el Regente Forestal. Toda la madera que resulte de esta operación, será puesta a disposición de la Alcaldía Municipal tanto de La Paz Carazo como de Niquinohomo.
Aval para el aprovechamiento de fuentes de agua a requerirse para la ejecución que emitirá La Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Definida estratégicamente las fuentes de agua a utilizarse para la ejecución del Proyecto, se prepara un Plan de aprovechamiento del recurso agua, por parte del contratista. El proponente del Proyecto, prepara misiva a La Autoridad Nacional del Agua (ANA) para el aprovechamiento del recurso agua y adjunta el plan de aprovechamiento, con la información solicitada.
Licencia de Deposito para el surtidor y tanques de Diesel.	El contratista gestionará el permiso o Licencia de Depósito de Diesel ante el Departamento de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas (MEM).
Permiso de aprovechamiento de los Bancos de Materiales que emite MARENA.	Definida la estrategia constructiva, se prepara el correspondiente Programa de Gestión Ambiental para el aprovechamiento del Banco de Material (un documento para cada Banco de Material). El Contratista solicita al MARENA Departamental la autorización para el aprovechamiento del Banco de Material, adjunto Formulario correspondiente con documento soportes de rigor en la que incluye el Plan de Gestión Ambiental.

Permiso de aprovechamiento de Bancos de Materiales que emite el Ministerio de Energía y Minas.	El aprovechamiento de Bancos de Materiales es considerado como un proyecto aparte; pero vinculante al proyecto de Mejoramiento del Camino La Paz San Pedro Niquinohomo. El Contratista apoyado por el Proponente solicita al MEM el correspondiente Permiso de Aprovechamiento de cada uno de los bancos de materiales a utilizar para el desarrollo del proyecto (Banco Los Pocitos, Banco Santa Teresa, Banco El Rosario, Banco Buena Vista y Banco San Antonio). El procedimiento inicia con el llenado de un formulario, perfil del proyecto, descripción geológica del sitio, mapa de localización a escala 1: 50,000, coordenadas UTM NAD-27 y referenciado al Norte franco. Se adjuntan los documentos de rigor.
Inspección Arqueológica del Instituto Nicaragüense Cultural (INC).	El Proponente solicita por escrito al INC el debido acompañamiento in situ para inspección o recorrido al tramo de carretera para identificar o descartar sitio con potencial arqueológico. El INC envía al Proponente el informe correspondiente a la inspección al Tramo.

Los responsables de la obtención de los permisos correspondientes antes mencionados estarán a cargo de Contratista, Supervisión, UGA-MTI, Supervisión y contratista previo al Inicio de las Obras.

4.4.1.13 Subprograma de Explotación de Bancos de Materiales

Es importante destacar que los bancos de materiales o bancos de préstamos y su aprovechamiento se abordan claramente en documentos por separado o Programas de Gestión Ambiental (PGA) de cada uno de los 5 bancos de materiales identificados para este proyecto.

4.4.1.14 Sub Programa para Manejo de Botadero y bancos de tiro.

Es inevitable la generación de desechos de construcción y material no clasificado durante la fase de construcción de la obra; en este nivel no es posible identificar la cantidad por tipo de estos desechos, pero estos serán del tipo:

11. Restos de la demolición de las obras de drenaje a sustituir.
12. Material resultante de las excavaciones de las obras que conforman el proyecto.
13. Material contaminado de suelo con desechos de construcción que no pueda ser utilizado para la obra.
14. Sobrante de material selecto utilizado para la construcción de la obra.
15. Sobrantes de concreto resultante del lavado de mezcladoras de concreto hidráulico.
16. Sobrante de material producto de la limpieza de maleza, limpieza de sitios para la construcción de los componentes de la obra.

17. Limpieza de los sitios de drenajes mayores.
18. Entre otros.

- **Descripción del Sub Programa**

A continuación, se presentan las principales actividades en el marco del subprograma

1. En esta etapa del proyecto no es posible definir con exactitud el sitio destinado para el manejo de estos desechos; sin embargo, la empresa contratista y previo al inicio de la obra ubicará el sitio idóneo para ello (por el tipo de obra y para minimizar gastos operativos pueden ser más de un sitio). Para este efecto se entablará una negociación con los dueños de terrenos y bajo la coordinación de la supervisión de parte del MTI.
2. El sitio o los sitios destinados para esta actividad, cumplirán siguientes criterios:
   a. Pendiente entre 2 - 5% para evitar la acumulación de agua. Estos sitios deben de ser mejorados con la construcción de zanjas perimetrales de drenaje para evitar la erosión del material acumulado.
   b. Debe estar ubicada a más de 100 m de un cuerpo de agua de cualquier tipo, incluyendo cauces naturales.
   c. Si el sitio de relleno es grande (>0.5 hectárea) se procederá a retirar la capa de suelo superficial y se almacenará para su posterior utilización en la restauración del sitio.
   d. El material colocado en los sitios debe ser compactado y revegetado inmediatamente cuando se ha dejado de utilizar, las especies forestales a utilizar deben ser las nativas, también se debe utilizar gramínea para proteger el suelo compacto y no sea sometido a la erosión hídrica. En caso contrario deberá estar referido en el acta de compromiso como voluntad del dueño del terreno, justificando el motivo (por ejemplo, en los casos de los accesos a la propiedad, construcción futura).
   e. Para efectos del cierre definitivo del botadero de material sobrante, éste debe quedar revegetado y conformado de acuerdo al relieve del entorno.
   f. Se debe contar con el permiso respectivo del dueño de la propiedad. Se presenta un modelo de acta a utilizar en el proyecto.
3. Señalización adecuada al tipo de desechos, principalmente correspondiente para indicar la ubicación del depósito y su camino de acceso. De preferencia se instalará una señal informativa sobre la carretera, indicando la entrada y salida de camiones pesados.

4. Los desechos y restos que resulten de la construcción de la carretera, deberán ser recolectados por el Contratista en sitios para posterior reutilización.
5. A continuación, se presenta un modelo de permiso entre el contratista y el dueño del terreno, este podrá ser modificado a voluntad de ambas partes y en coordinación con a la supervisión del MTI. Este modelo de permiso o acuerdo, es utilizado en otros proyectos de carreteras y caminos que el MTI ha desarrollado en varias partes de Nicaragua:

Modelo Acuerdo o Permiso para Uso del Botadero Temporal de Material No Clasificado

Yo, _____Propietario del terreno_____, ubicado en la estación _____ Banda_____, Municipio _____ Comarca_____ _____;

otorgo y firmo el Permiso o Aval a la empresa Constructora_____ _; para que dicho terreno sea utilizado como sitio de almacenamiento temporal de material no clasificado que resulte de las actividades de construcción del tramo de Camino La Paz Carazo Sn Pedro Niquinohomo que desarrolla dicha empresa. La Empresa deberá de realizar el cierre del botadero en base a lo estipulado en el Estudio Ambiental y Social del proyecto y considerando las indicaciones de la Supervisión del MTI al finalizar la obra. Es necesario destacar que el permiso corresponde únicamente al área indicada y en caso de que la Empresa requiera mayor área para esta actividad debe de llegar a un acuerdo entre las partes interesadas y bajo supervisión de una Abogado contratado para este efecto.

El área utilizada es de aproximadamente: _____ hectáreas. Por lo tanto, firmo el presente permiso, para los efectos antes señalados y sin perjuicio de lo estipulado en las Leyes Ambientales que regulan este tipo de actividades.

Dado en el Municipio de_____ a los _____ días del mes de _____del año_____

Firma y cedula del propietario:
Firma y cedula Representante Legal de la Empresa
Firma y cedula Notario Público

4.4.1.15 Subprograma de Manejo de la Seguridad e Higiene laboral

La Higiene y Seguridad se dedica principalmente a la prevención de los riesgos laborales y al control de pérdidas operacionales, por tanto, el contratista deberá tener en consideración la aplicación del marco legal vigente relacionado con el desempeño laboral de los trabajadores, especialmente con la aplicabilidad de la Ley 618 Ley General De Higiene y Seguridad del Trabajo y su reglamentación en la cual se rige todo lo concerniente a la higiene y seguridad del trabajo. De la misma manera acatar decretos, convenio colectivo de la construcción u otros instrumentos legales aplicables a la seguridad laboral de los obreros en la construcción.

El contratista como firma responsable y competentes, deberá orientar a su equipo técnico el diseño de este subprograma en el que se definan los tipos de afectaciones a los trabajadores, entendiéndose como tales a los accidentes laborales, impactos a la salud del trabajador, enfermedades ocupacionales e inclusive el confort ergonómico de los trabajadores. Se deberán de identificar los sitios de riesgos en la construcción y la creación de procedimientos para el manejo del riesgo y garantizar la seguridad e higiene laboral. La evaluación de los riesgos mayores debe ser parte integrante de la preparación del proyecto.

Conviene que la firma constructora a cargo de la ejecución de la obra de construcción del camino La Paz San Pedro Niquinohomo, considere los siguientes aspectos relevantes dentro de su organigrama:

- Estipule dentro de su personal a un inspector o fiscal de higiene y seguridad laboral, con la formación académica y experiencia necesaria para responder al cargo asignado.
- El inspector de Higiene y Seguridad laboral del contratista deberá de tener identificado los diferentes tipos de posibles afectaciones a los trabajadores, accidentes laborales y enfermedades ocupacionales, las cuales deberá presentar a la firma supervisora para su debido análisis y seguimiento, incluso deberá conocida por el Departamento de H y S O del MITRAB.
- Proveer a los operarios y trabajadores el equipo de seguridad adecuado considerando su actividad (protectores buco nasal, cascos, botas, guantes, lentes protectores, tapones para los oídos etc.).

- Contar con condiciones higiénico – sanitarias aceptables para el uso de los trabajadores.
- Realizar campañas educativas periódicas, empleando afiches informativos sobre normas elementales de higiene y comportamiento.
- Antes de ingresar a las obras todo trabajador deberá de estar cubierto por el régimen de seguridad social de lo contrario no debe hacerlo.
- Todo trabajador antes de iniciar su primer día de trabajo, debe de ser evaluado tanto físico como psicológicamente para la labor que se le ha encomendado.
- Contar con un Mapa de Riesgo y Plan de Contingencia, así como con un libro de registro de incidencias.

- **Descripción de las acciones**

En cumplimiento con el deber de protección, el Contratista deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador. En su aplicación, todos los operarios recibirán, al ingresar en la obra o con anterioridad, una exposición detallada de los métodos de trabajo y los riesgos que pudieran entrañar, juntamente con las medidas de prevención y protección que deberán emplear. Los trabajadores serán ampliamente informados de las medidas de Seguridad personal y colectiva que deben establecerse en el trabajo al que están adscritos, repitiéndose esta información cada vez que se cambie de faena. El contratista facilitará una copia del plan de seguridad y salud a todas las subcontratas y trabajadores independientes integrantes de la obra, así como a los representantes de los trabajadores.

Servicios de prevención y organización de la seguridad en la obra

- **Prevención:**

1. La empresa constructora dispondrá de una organización especializada de prevención de riesgos laborales debidamente acreditada ante la Autoridad laboral competente.
2. La empresa debe de tener su Licencia de HyS firmada por el MITRAB.
3. La empresa contratista encomendará a su organización de prevención la vigilancia de cumplimiento de las obligaciones preventivas de la misma, plasmadas en el plan de seguridad y salud de la obra, así como la asistencia y asesoramiento al jefe de obra en cuantas cuestiones de seguridad se planteen durante la obra.

4. Al menos uno de los trabajadores destinados en la obra poseerá formación y adiestramiento específico en primeros auxilios a accidentados, con la obligación de atender en dicha función, todos aquellos casos en que se produzca un accidente con efectos personales, con daños o lesiones, por pequeños que éstos sean.
5. El plan de seguridad e higiene ocupacional establecerá las condiciones en que se realizará la información a los trabajadores, relativa a los riesgos previsibles en la obra, así como las acciones formativas pertinentes.

- **Organización de la seguridad en la obra:**

El conjunto de empresas concurrentes en la obra debe estar informadas acerca de la organización en materia de seguridad y el procedimiento para asegurar el cumplimiento del plan de seguridad y salud por parte de todos los trabajadores, el cual contemplará la obligación de que cada subcontratista en caso que lo hubiere deberá designar, antes de comenzar a trabajar, al menos:

- **Técnicos de prevención** designados por la empresa para la obra, que deberán planificar las medidas preventivas, formar e informar a sus trabajadores, investigar los accidentes e incidentes, etc.
- **Trabajadores responsables** de mantener actualizado y completo el archivo de seguridad y salud de su empresa en obra.
- **Vigilantes de seguridad y salud,** con la función de vigilar el cumplimiento del plan de seguridad y salud por parte de sus trabajadores, así como de aquéllos que, aun no siendo de sus empresas, puedan generar riesgo para sus trabajadores.

Lineamientos para el Equipamiento:

- **Servicio médico**

En dependencia del número de personas empleadas, la empresa contratista dispondrá de un servicio de atención a la salud de los trabajadores. Los trabajadores que han de estar ocupados en trabajos que exijan cualidades fisiológicas o psicológicas determinadas deberán pasar reconocimientos médicos específicos para la comprobación y certificación de idoneidad para tales trabajos, entre los que se encuentran los conductores, operadores de máquinas pesadas, trabajos en altura, etc. Es necesario que antes de la contratación se realicen los prechequeos medidos por una empresa medica autorizada para ello y de esta manera cumplir con los que estipula la actual legislación en materia de HyS en el trabajo.

- **Botiquín de obra**

En la obra se dispondrá de material de primeros auxilios en lugar debidamente señalizado, de adecuado acceso y estado de conservación, cuyo contenido será revisado semanalmente, reponiéndose los elementos necesarios: en las oficinas, en la bodega, en el sitio de preparación de mezcla de concreto, en el taller servicios, en cada banco de material que se vaya a aprovechar, en las camionetas y camiones se debe de colocar un botiquín básico, entre otros sitios de interés.

- **Instalaciones de higiene y bienestar**

La obra dispondrá de las instalaciones necesarias de higiene y bienestar. No se debe permitir por ningún medio, fecalismo al aire libre. El suministro de agua potable al personal de la obra debe ser continuo, en suficiente cantidad y calidad para evitar problemas de deshidratación y de salud en generación. La norma estipula una letrina por cada 25 trabajadores y cuando hay personal femenino se deben de colocar separados de los servicios de hombres.

- **Implementación de talleres de Capacitación sobre Seguridad e Higiene Ocupacional**

El objetivo esencial de estas capacitaciones, radica en Informar y educar a todos los recursos humanos para garantizar la práctica de medidas que protejan y aseguren un correcto desempeñó de las actividades propias del área del sector de la construcción.

- **Indicadores de cumplimiento**

Se ejecutará un Taller de Higiene y Seguridad Ocupacional y visitas de Seguimiento por parte de autoridades del Ministerio del Trabajo. Realizado el Taller con los temas indicados y con participación de los trabajadores se deberá realizar una Ayuda Memoria por evento, adjuntando todas las evidencias posibles como actas de reuniones previas, coordinaciones, comunicaciones con las instituciones, invitaciones a los participantes, diseño metodológico con su debida aprobación, diapositivas, material a entregar, listados de asistencias firmados por los participantes, fotografías y actas de realización de cada taller. Todo esto será necesario para someterlo al cobro en el avalúo correspondiente.

- **Responsable de la ejecución:**

Contratista, supervisión, UGA, MTI en coordinación con el Ministerio del Trabajo.

- **Período de ejecución**:

Durante la fase de construcción del proyecto.

- **Presupuesto Estimado**:

En la tabla siguiente se presenta de forma preliminar el presupuesto necesario para ejecutar este subprograma.

Tabla 158. Presupuesto para Taller de Higiene y Seguridad Laboral

K	CONCEPTO	PARTICIPANTES	COSTO UNITARIO U$	TOTAL, U$
1	Refrigerio	50	2	100.00
2	Material de apoyo: folletos ilustrativos	50	2.5	125.00
3	Estipendio para Expositores	2	50	100.00
			Total, US$	**325.00**

A continuación, una propuesta de ideas o lineamientos que se sugieren seguir; sin embargo, la empresa contratista o supervisora en usos de sus facultades puede mejorar y ampliar la presente propuesta:

Tabla 159. Lineamientos a Seguir en la Seguridad Laboral

ACTIVIDAD	RIESGOS	LINEAMIENTOS A IMPLEMENTAR
Movimiento de tierra y actividades de colocación de concreto hidráulico en la obra y actividades conexas.	• Atropellos y golpes por maquinaria y vehículos de obra. • Atrapamientos de personas por maquinarias • Colisiones y vuelcos de maquinaria o vehículos de obra • Caídas del personal a distinto nivel. • Contactos directos o indirectos con líneas eléctricas • Golpes por objetos y herramientas • Caída de objetos • Incendios o explosiones por escapes o roturas de transporte menor de combustible. • Ambiente con polvo • Polvaredas que disminuyan la visibilidad • Generación excesiva de ruido. • Otras actividades colaterales.	• Identificación con chalecos reflectivos, utilización de cascos apropiados, maquinaria y equipos a utilizar. • Accesos adecuados hacia talleres, bancos de materiales, obras en desarrollo principalmente donde haya movimiento de tierra u otras actividades de importancia. • Establecimiento de las zonas de estacionamiento, espera y maniobra de la maquinaria. • Señalamiento de la persona a la que se asigna la dirección de las maniobras de remoción de tierra, colocación de concreto, material selecto, sobrantes, etc. • Forma y controles a establecer para garantizar la eliminación de raíces y troncos mayores de 10 cm, hasta una profundidad mínima de 50 cm. • Disponibilidad de información sobre conducciones bajo el terreno, en el coso de la construcción de drenajes mayores. • Detección y solución de cursos naturales de aguas en los cueces existentes a lo largo del camino. • Existencia y, en su caso, soluciones de paso bajo líneas eléctricas aéreas. • Existencia y situación de construcciones próximas; profundidad y afección por la obra. • Previsión de apariciones de restos de obras dentro de los límites de explanación. • Previsión de zonas de tierra vegetal y de evitación del paso sobre los mismos. • Colocación de topes de seguridad cuando sea necesario que una máquina se aproxime a los bordes, tras la comprobación de la resistencia del terreno. • Previsión de eliminación de rocas, árboles o postes que puedan quedar descalzados o en situación de inestabilidad en la ladera que deba quedar por encima de zonas de desmonte
Obras de Drenaje Mayor y Menor	• Atropellos y golpes por maquinaria y vehículos de obra • Atrapamientos de personas por maquinarias	El plan de seguridad y salud de la obra fijará las dotaciones y obligaciones de empleo de las siguientes protecciones personales, que serán, como mínimo, las siguientes: • Casco de seguridad no metálico. • Guantes de protección frente a agresivos químicos (para los trabajos de manipulación del hormigón o de acelerantes de fraguado). • Arnés de seguridad (para trabajadores ocupados al borde de zanjas profundas).

	• Colisiones y vuelcos de maquinaria o vehículos de obra • Caídas del personal a distinto nivel • Corrimientos o desprendimientos del terreno (en el caso de los cauces profundos existentes a lo largo del camino). • Hundimientos inducidos en estructuras próximas • Contactos directos o indirectos con líneas eléctricas • Golpes por objetos y herramientas • Caída de objetos • Inundación por rotura de conducciones de agua • Ambiente polvoso • Polvaredas que disminuyan la visibilidad. • Ruido	• Botas de seguridad contra riesgos mecánicos (para todo tipo de trabajos en ambiente seco). • Ropa impermeable al agua (en tiempo lluvioso). • Guantes de cuero y lona contra riesgos mecánicos (para todo tipo de trabajo en la manipulación de materiales). • Mascarillas antipolvo. Así como las siguientes protecciones colectivas mínimas: • Barandillas en bordes de zanjas y/o zonas de construcción de puentes y alcantarillas mayores. • Escaleras metálicas con calzos antideslizantes. • Calzos para acopios de tubos. • Pasarelas para el paso de trabajadores sobre zanjas, con atención especial a su diseño y construcción cuando deba pasar público. • Colocación de señalización en zanjas y tajos abiertos. • Separación de acopios de tierras extraídas a distancias de seguridad. • Entibaciones adecuadas, cuando así se requiera. • Señalización normalizada.
Actividades en Planteles y Bancos de materiales	• Derrumbamientos o desprendimientos en la excavación de bancos de materiales. • Derrumbamientos, vibraciones o desprendimientos inducidos en las inmediaciones • Proyección de partículas • Proyección de piedras u objetos • Material particulado • Polvaredas que disminuyan la visibilidad a lo largo de las entradas de los bancos de préstamos, principalmente y del plantel. • Ruido.	**<u>No se prevé el uso de explosivos</u>**; sin embargo, si este fuese el caso, cuando en alguna zona de la excavación o desmonte se produzca o se prevea la aparición de rocas no fiables, habrán de emplearse explosivos. No se almacenará material explosivo en el banco de préstamo; se contratará una empresa especializada en explosivos y voladura legalmente acreditada y con el permiso de la PN. Las tierras extraídas se acopiarán a una distancia del borde de la zanja igual a la profundidad de la misma. Asimismo, antes de permitir el acceso al fondo de éstas, se saneará el talud y borde de las zanjas, que se mantendrán en todo momento debidamente protegidas con barandillas rígidas, de forma que se impida el acercamiento inadecuado de personas y vehículos. También se señalizarán con cordón de balizamiento en el resto de su longitud. Se evitará todo tipo de impacto o fricción sobre el explosivo, así como encender fuego o realizar alguna maniobra que pueda producir un chispazo eléctrico. En el caso de los plantes y bancos de materiales, para su manejo se identifican las medidas en los puntos No. 11.13 de este EIA.
Talleres, oficinas, campamentos, almacenes	• Accidentes de tráfico "in itinere" • Caídas a distinto nivel • Caídas al mismo nivel • Atropellos • Torceduras • Inhalación de gases tóxicos • Enfermedades causadas por el trabajo bajo condiciones meteorológicas adversas • Ambiente polvoso.	El suministro de equipos de seguridad y protección física, tales como: • mascarillas, gafas, para ambientes polvosos. • Señalización en desniveles. • áreas de parqueos y de descarga. • Disposiciones y restricciones de almacenamientos. • Protecciones para las inclemencias meteorológicas, uso de capotes.
Maquinaria Instalaciones auxiliares y equipos de trabajo	• Accidentes y riesgos con maquinarias. • Falta de reparación de maquinarias. • Falta de mantenimiento de las maquinarias.	Recepción de la máquina • A su llegada a la obra, cada máquina debe llevar en su carpeta de documentación las normas de seguridad para los operadores. • A su llegada a la obra, cada máquina irá dotada de un extintor timbrado y con las revisiones al día. • Cada maquinista deberá poseer la formación adecuada para que el manejo de la máquina se realice de forma segura y, en caso contrario, será sustituido o formado adecuadamente. • Las cabinas no presentarán deformaciones como consecuencia de haber sufrido algún vuelco. • La maquinaria irá dotada de luces y bocina o sirena de retroceso, todas ellas en correcto estado de funcionamiento. Utilización de la máquina • Antes de iniciar cada turno de trabajo, se comprobará siempre que los mandos de la máquina funcionan correctamente. • Se prohibirá el acceso a la cabina de mando de la maquina cuando se utilicen vestimentas sin ceñir y joyas o adornos que puedan engancharse en los salientes y en los controles. • Se impondrá la buena costumbre hacer sonar el claxon antes de comenzar a mover la máquina.

- El maquinista ajustará el asiento de manera que alcance todos los controles sin dificultad.
- Las subidas y bajadas de la máquina se realizarán por el lugar previsto para ello, empleando los peldaños y asideros dispuestos para tal fin y nunca empleando las llantas, cubiertas y guardabarros.
- No se saltará de la máquina directamente al suelo, salvo en caso de peligro inminente para el maquinista.
- Sólo podrán acceder a la máquina personas autorizadas a ello por el jefe de obra.
- Antes de arrancar el motor, el maquinista comprobará siempre que todos los mandos están en su posición neutral, para evitar puestas en marcha imprevistas.
- Antes de iniciar la marcha, el maquinista se asegurará de que no existe nadie cerca, que pueda ser arrollado por la máquina en movimiento.
- No se permitirá liberar los frenos de la máquina en posición de parada si antes no se han instalado los tacos de inmovilización de las ruedas.
- Si fuese preciso arrancar el motor mediante la batería de otra máquina, se extremarán las precauciones, debiendo existir una perfecta coordinación entre el personal que tenga que hacer la maniobra. Nunca se debe conectar a la batería descargada otra de tensión superior.
- Cuando se trabaje con máquinas cuyo tren de rodaje sea de neumáticos, será necesario vigilar que la presión de los mismos es la recomendada por el fabricante. Durante el relleno de aire de los neumáticos el operario se situará tras la banda de rodadura, apartado del punto de conexión, pues el reventón de la manguera de suministro o la rotura de la boquilla, pueden hacerla actuar como un látigo.
- Siempre que el operador abandone la máquina, aunque sea por breves instantes, deberá antes hacer descender el equipo o útil hasta el suelo y colocar el freno de aparcamiento. Si se prevé una ausencia superior a tres minutos deberá, además, parar el motor.
- Se prohibirá subirse a la máquina cuando ésta esté en movimiento.
- Con objeto de evitar vuelcos de la maquinaria por deformaciones del terreno mal consolidado, se prohibirá circular y estacionar a menos de tres metros del borde de barrancos, zanjas, taludes de terraplén y otros bordes de explanaciones.
- Antes de realizar vaciados a media ladera con vertido hacia la pendiente, se inspeccionará detenidamente la zona, en prevención de desprendimientos o aludes sobre las personas o cosas.
- Se circulará con las luces encendidas cuando, a causa del polvo, pueda verse disminuida la visibilidad del maquinista o de otras personas hacia la máquina.
- Estará terminantemente prohibido transportar personas en la máquina, si no existe un asiento adecuado para ello.
- No se utilizará nunca la máquina por encima de sus posibilidades mecánicas, es decir, no se forzará la máquina con cargas o circulando por pendientes excesivas.

Reparaciones y mantenimiento en obra

- En los casos de fallos en la máquina, se subsanarán siempre las deficiencias de la misma antes de reanudar el trabajo.
- Durante las operaciones de mantenimiento, la maquinaria permanecerá siempre con el motor parado, el útil de trabajo apoyado en el suelo, el freno de mano activado y la maquina bloqueada.
- No se guardará combustible ni trapos grasientos sobre la máquina, para evitar riesgos de incendios.
- No se levantará en caliente la tapa del radiador. Los vapores desprendidos de forma incontrolada pueden causar quemaduras al operario.
- El cambio de aceite del motor y del sistema hidráulico se efectuará siempre con el motor frío, para evitar quemaduras.
- El personal que manipule baterías deberá utilizar gafas protectoras y guantes impermeables.
- En las proximidades de baterías se prohibirá fumar, encender fuego o realizar alguna maniobra que pueda producir un chispazo eléctrico.
- Las herramientas empleadas en el manejo de baterías deben ser aislantes, para evitar cortocircuitos.
- Se evitará siempre colocar encima de la batería herramientas o elementos metálicos, que puedan provocar un cortocircuito.
- Siempre que sea posible, se emplearán baterías blindadas, que lleven los bornes intermedios totalmente cubiertos.
- Al realizar el repostaje de combustible, se evitará la proximidad de focos de ignición, que podrían producir la inflamación del gasoil.
- La verificación del nivel de refrigerante en el radiador debe hacerse siempre con las debidas precauciones, teniendo cuidado de eliminar la presión interior antes de abrir totalmente el tapón.
- Cuando deba manipularse el sistema eléctrico de la máquina, el operario deberá antes desconectar el motor y extraer la llave del contacto.
- Cuando deban soldarse tuberías del sistema hidráulico, siempre será necesario vaciarlas y limpiarlas de aceite.

4.4.1.16 Subprograma de Salud Sexual y Reproductiva

Objetivo: Evitar o disminuir los casos que se pudiesen presentar tanto de embarazos no deseados y de enfermedades de transmisión sexual entre pobladores y trabajadores del proyecto.

Se deben llevar a cabo Talleres de Capacitación, el tema para el desarrollo de esta actividad se coordina con la dirección de Epidemiología del MINSA de **Carazo y Masaya**, para impartir el contenido de dichos eventos, lo cual contribuirá a la sensibilización y toma de conciencia en asegurar las condiciones básicas de salud, que permitan a trabajadores de las empresa de construcción, supervisión y pobladores del área de influencia del proyecto a fin de establecer una relación de respeto, colaborativa y de estabilidad en el estado de salud comunitario. A continuación, se presenta guía metodológica para la implementación de eventos relativos al tema Salud Sexual reproductiva:

Tabla 160. Guía Metodológica

TEMAS	METODOLOGÍA	PARTICIPANTES	TIEMPO	RECURSOS	RESPONSABLE
1. Conceptos básicos de Salud Sexual y Reproductiva. 2. Enfermedades de Transmisión Sexual. 3. Métodos Anticonceptivos 4. Consecuencias de Padecer Infecciones de Transmisión Sexual. 5. Medidas de Prevención.	Charlas Dinámica Grupal preguntas y respuestas	Trabajadores empresa Constructora-Supervisión. Líderes Comunales. Docentes de centros escolares. Representantes de padres de familia.	3 horas	Folletos. Cartillas. Data Show. Libretas. Lápices	Personal del Ministerio de Salud con experiencia en epidemiología.

Tabla 161. Costos del taller

Concepto	Participantes	Cantidad Talleres	Costo Unitario U$S	Total, U$S
Almuerzo Refrigerio	40	2	10.00	160.00
Reproducción de material educativo	40	2	120.00	240.00
Estipendios colaboradores: médicos	2	2	50.00	200.00
		Total, U$600.00		

El costo de cada taller asciende a U$S 300.00

- **Responsable de la ejecución**

El equipo socio-ambiental del Contratista, con el apoyo del equipo de la empresa supervisora, en conjunto con el MTI (Unidad de Gestión Ambiental). Estos talleres se llevarán a cabo durante la fase de construcción y según el calendario establecido por el equipo socio ambiental del contratista. La estimación de Costos de Medidas de Prevención y Mitigación Social, reside en disponer de fondos para hacer efectivo el Plan de Gestión Social, esto contempla estipendio a personal técnico del Ministerio de Salud, adquisición de los de materiales educativos, refrigerios.

4.4.1.17 Subprograma de Protección al Patrimonio Físico Histórico y Cultural de la Nación

Con fecha 18/10/2021, la Dirección Nacional de Arqueología (DNA) del Instituto Nicaragüense de Cultura (INC), realizó una inspección arqueológica al sitio del proyecto. Como resultado de los cual se indica que "No se encontraron evidencias arqueológicas en ninguna de sus manifestaciones" por lo tanto, no se activa el subprograma. Sin embargo, en caso que hubiere algún hallazgo arqueológico al momento de las remociones de tierra en inicio de ejecución de las obras, de, la empresa contratista deberá comunicar a través de una misiva formal al MTL (UGAMTI) para que sea realizada la coordinación de inspección al tramo con la Dirección Nacional De Arqueología (DNA).

- **Procedimientos y Canales Establecidos en Caso de Hallazgos Fortuitos**

En caso de encontrar durante las actividades de excavación un hallazgo arqueológico el contratista debe suspender las actividades de manera inmediata y comunicar expresamente y de manera formal (carta) a la Empresa supervisora y Unidad de Gestión Ambiental (UGA) sobre el hallazgo, para que ésta coordine, ante el Instituto Nicaragüense de Cultura (INC) y CADI-UNAN. inspección al tramo del proyecto para su validación y recomendaciones al caso que tendrá que cumplir el arqueólogo (a) del contratista para el resguardo del patrimonio identificado en la línea del tramo del proyecto, de no hacerlo puede implicar sanciones legales por parte del ente regidor y contratante. Se recomienda, por tanto, vigilar el área, demarcarla y aislarla de las actividades de obra hasta que las entidades en mención hagan la validación del caso in situ.

- **Documentación a Presentar por El Arqueólogo (A)**

El arqueólogo (a) a ser contratado para el seguimiento arqueológico llevado a cabo en el proyecto, deberá presentar como representante del contratista a Supervisión del proyecto de manera formal y está a la UGAMTI, una Resolución Administrativa otorgada por parte del Instituto Nicaragüense de Cultura (INC) según decreto 1142 "Ley de Protección al Patrimonio Cultura de la Nación" , la cual hace referencia a " Solicitud para el otorgamiento de permiso de Investigación Arqueológica para la ejecución del proyecto denominando : " Seguimiento Arqueológico del proyecto …." (Fuente DNA,2022).

- **Entrega de Productos en el Seguimiento Arqueológico:**

Como parte del seguimiento a este componente arqueológico en la ejecución del proyecto, el arqueólogo del contratista, deberá entregar los siguientes productos:

- ✓ Informes semanales, mensuales, informe final de cierre del seguimiento arqueológico acorde estructura requerida del contratante y ente financiero. Así como otros productos requeridos por el contratante y ente financiero (informes de seguimiento y/ o presentaciones de avance). Tomando en cuenta estructuras de formatos facilitados por UGA-MTI.
- ✓ Realizar cronograma de prospecciones arqueológicas e incluirlo en informes semanales y mensuales. Cabe mencionar que esta programación debe consensuarse con la parte ingenieril para abarcar todos los sitios de intervención
- ✓ Documentar todas las actividades realizadas y hallazgos encontrados, los cuales deben incluirse en el cuerpo del informe y anexos. Para ello, se deberá hacer uso de fichas y tablas sistematizadas de participantes por género (charlas de sensibilización arqueológicas, entrevistas, etc.), ficha de registro de sitios arqueológicos. Asimismo, se deberá presentar metodología y formatos soportes de cada actividad, así como, material a utilizar.
- ✓ Incorporar en Anexos a los informes entregados (registro fotográfico, listas de asistencia de charlas de sensibilización realizadas con la población del proyecto, actas de entrega de hallazgos arqueológicos, presentación y demás documentos soportes concernientes al componente).

- **Coordinación y Realización de Actividades**

El arqueólogo (a) del contratista, deberá trabajar interdisciplinariamente y coordinar a través de canales correspondientes, las actividades a realizar en el proyecto durante la duración del seguimiento. Tomando en cuenta la coordinación in situ con el Especialista Social del proyecto, Supervisión y UGAMTI.

El arqueólogo (a) del contratista, debe realizar charlas de inducción a los trabajadores e ingenieros sobre la probabilidad de este tipo de hallazgos y capacitarlos sobre las acciones a seguir en dichas situaciones en función de plan de trabajo, cronograma de actividades y/o metodología establecida para el seguimiento y poder prever posibles impactos que atenten contra el patrimonio. Así mismo deberá realizar charlas inductivas a población y estudiantes de escuelas cercanas al tramo del área de influencia del proyecto.

Las supervisiones arqueológicas realizadas por el Instituto Nicaragüense de Cultura (INC) a los tramos en ejecución, deberán ser previamente coordinadas siguiendo los canales correspondientes (supervisión y UGAMTI). Para lo cual la UGAMTI, estará estableciendo el enlace con el INC y enviando comunicación formal de confirmación de la supervisión.

- Es importante que el Arqueólogo(a), considere las recomendaciones incluidas en el informe de resultados de inspecciones arqueológicas realizadas en la etapa de estudio de factibilidad por parte del Centro de Documentación e Investigación CADI-UNAN MANAGUA) adscrito al INC. Así como supervisiones arqueológicas que pueda haber en la ejecución en visitas al proyecto.
- Considerar también las recomendaciones de las revisiones realizadas por la UGAMTI a los informes arqueológicos semanales y mensuales revisados por la UGAMTI para mayor calidad en el trabajo. Por tanto, las actividades a realizar no solamente deben reducirse o enfocarse a charlas de sensibilización arqueológicas, prospecciones o entrevistas a pobladores. Debe ampliarse a otras más complementarias para garantizar un buen seguimiento arqueológico.

Cabe mencionar que en caso de hallarse algún vestigio o piezas arqueológicas en la línea del tramo del proyecto (AID o AII), se debe de realizar una divulgación de resultados del seguimiento arqueológico llevado a cabo en el proyecto a la comunidad entrega. Mismos,

que deben ser documentados en los informes de entrega del contratista a cargo del seguimiento e informado previamente a la (UGA) bajo revisión y visto bueno (incluyendo presentación a realizar) y remitirlo a través de supervisión del proyecto para coordinar actividad de divulgación de resultados de seguimiento arqueológico del proyecto y entregarlo a la municipalidad y comunidad protagonista del proyecto como parte del resguardo y cumplimiento a lo establecido en el decreto 1142 y salvaguarda social del ente financiero.

En la Figura siguiente se presenta un mapa con la ubicación de los principales sitios con presencia de vestigios arqueológicos.

Figura 100. Panorámica general del tramo Carretera La Paz-San Pedro-Niquinohomo señalando los sectores con presencia de material arqueológico en superficie.

4.4.1.18 Subprograma de Buzón de Quejas y Sugerencia

En este se subprograma se definen los mecanismos de atención a la comunidad, encaminados a atender quejas, reclamos, sugerencias y otros, así como dar soluciones que surjan durante la ejecución de obras en el proyecto. Se debe tener en cuenta a todos los centros poblados en el área adyacente del proyecto para que participen de manera activa, así mismo se debe trabajar estrechamente con los líderes comunitarios y los representantes de los Gobiernos Municipales y los responsables sectoriales acreditados en los poblados cercanos al camino. Se parte por definir los siguientes conceptos básicos:

Tabla 162. Marco conceptual para atención a la comunidad

Tipología	Concepto	Definición	Tiempo de Contestación
1	**Consultas**	Solicitud hecha para que las instancias dueña, ejecutora o supervisora, mediante concepto, exprese su parecer su opinión sobre un asunto relacionado con las actividades de la construcción de la carretera.	30 días hábiles
2	**Denuncias**	Es una comunicación que hace un ciudadano, en contra del personal involucrado por conductas relacionadas con un manejo irregular (actos de corrupción), en detrimento de los bienes o fondos del proyecto.	15 días hábiles
3	**Felicitaciones**	Es la manifestación de satisfacción realizada por una persona natural o jurídica por el servicio prestado por las Entidades o sus funcionarios involucrados.	15 días hábiles
4	**Otros Trámites**	Son las solicitudes relacionadas con otros conceptos no especificados aquí y que tenga relación con procedimientos internos de las Entidades.	Procedimiento será contestado indistintamente.
5	**Petición**	Es el derecho que tiene toda persona para solicitar trámites o servicios que pudieran ser facilitado sin detrimento de su actuar en el proyecto como tal.	15 días hábiles
6	**Petición de información**	Es el derecho que tiene toda persona al acceso y obtención de la información relacionada con los trámites y servicios prestados por las Entidades involucradas en el proyecto.	10 días hábiles
7	**Quejas**	Es una inconformidad manifiesta que presenta un ciudadano antes las Entidades, relacionado con la incorrecta prestación de los servicios o faltas disciplinarias por parte del personal de las Entidades. En las comunidades se relaciona más con el servicio prestado por las proveedoras de alimentos y alistado de ropa hacia el personal foráneo, aunque es un arreglo entre terceros, pero el personal es la cara pública de la firma constructora por lo que es válida la aplicación.	15 días hábiles
8	**Reclamos**	Es una comunicación de insatisfacción frente a un trámite o servicio prestado previamente acordado entre las partes por parte de la Entidades y que incluye a su personal. No necesariamente debe mediar un documento, basta el reconocimiento del compromiso asumido y por ende la comisión de la falta.	15 días hábiles
9	**Sugerencias**	Recomendaciones en general, que tiene como objetivo proponer mejoras a los servicios ofrecidos por las Entidades.	15 días hábiles
Entidades:		Se refiere a las instituciones que se encuentran involucradas de manera directa e indirecta con el proyecto de mejoramiento de carretera entre las cuales se tienen a: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Firma Supervisora, Firma Ejecutora, Alcaldías Municipales correspondientes u otros relacionados como MARENA, INAFOR entre otros.	

Ubicación:

Serán beneficiarios los pobladores residentes en el área de impacto del proyecto.

- **Descripción de las obras:**

Para la ejecución del proyecto, el contratista deberá de designar a una persona, que tenga perfil profesional de las ciencias sociales, con experticia en atención a la comunidad, educación popular, promotor comunitario y buen manejo de las relaciones públicas, que además resida en la zona del proyecto (recomendable), preparado para brindar atención e información a la comunidad, generando espacios de acercamiento y diálogo con las

comunidades del área de influencia y con las autoridades locales, con el fin de mantener relaciones armónicas que garanticen el cumplimiento del cronograma de actividades propuesto. Debe manejar los siguientes aspectos importante como procedimientos a desarrollar:

- **Información Pública**

Referidos a ese concepto, debe fomentarse la Información Pública hacia la comunidad y se divide en dos momentos:

1. **Fase Inicial**

Para dar cumplimiento sobre la información que se hará llegar al público, se parte del instrumento titulado "Documento de Impacto Ambiental" el cual contiene una síntesis de toda la información recabada en el estudio, en la que se demuestra la viabilidad ambiental y social del Proyecto. Cuenta con un resumen de las principales características del Proyecto, la descripción de los principales impactos y las medidas correctoras introducidas, mapas temáticos, etc.

Una vez presentado y aprobado el EIAS ante las autoridades del MTI, se procede a la realización de una Asamblea Informativa o reunión para la presentación del DIA a las Autoridades Municipales correspondiente y pobladores locales que se encuentren ubicadas en el área de influencia del proyecto, para ello se realizará el siguiente plan:

1. Coordinación con las Alcaldías Municipales de El Rosario, Masatepe y Niquinohomo, para establecer fecha, hora y local para la realización de la consulta pública de los resultados de la Valoración Ambiental Social.
2. Convocatoria por medio de invitación a los líderes comunitarios que estén dentro del área de influencia del proyecto de mejoramiento de la carretera.
3. Recopilar las preguntas y aportes de los participantes para incorporarlas en la Valoración Ambiental y Social.
4. Disponer la logística necesaria para atender adecuadamente a los participantes como sonido, sillas, mesas y refrigerio.
5. Poner a la disposición pública el documento en las Alcaldías Municipales por un tiempo prudencial de acuerdo con el Decreto 20-2017, para que sea consultado por las personas interesadas.

6. Realizar una exposición con los citados (inciso 1 y 2) sobre el estudio y recopilar sus aportes.
7. Los aspectos a abordar en esta oportunidad serán:
    - La descripción breve sobre los alcances del proyecto
    - Los efectos positivos y negativos del mismo
    - Las medidas de prevención y corrección para el manejo de los efectos negativos.
    - Beneficios del proyecto,
    - Otros aspectos relacionados al mismo.

2. Segunda Fase (Ejecución):

Previo al inicio de las actividades constructivas –mínimo ocho días antes– se debe realizar una segunda reunión dirigida a toda la comunidad del área de influencia directa del proyecto, a las autoridades locales y líderes comunitarios, con el objeto de:

- Presentar el personal de la firma contratista y supervisora.
- Dar a conocer el objeto, alcance y plazo del contrato.
- Informar sobre el proceso de contratación de mano de obra no calificada.
- Presentar los Programas de Manejo socio ambiental que se van a ejecutar.
- Informar sobre la ubicación del punto de atención a la comunidad y del procedimiento para manejo de quejas e información.

Se deberán realizar reuniones ordinarias y extraordinarias de ser necesario según se haya considerado o acordado. Otra reunión de obligatorio cumplimiento, se deberá ejecutar cuando se estime un avance del 95% del proyecto con el fin de informar sobre las obras ejecutadas, el cumplimiento de la información suministrada en la reunión de inicio. Otro mecanismo de información es a través de la coordinación con los líderes locales para que estos sirvan de divulgadores sobre la convocatoria de reuniones o aviso de inicio de obras, cierre temporal de la vía, entre otra información de importancia.

- **Acciones de Atención**

Las acciones de atención que el contratista debe cumplir para este proyecto son:

- Establecer un punto de atención a la comunidad, el cual puede estar ubicado dentro del campamento.

- El ingeniero residente y su equipo de trabajo competente, debe dar respuesta adecuada y oportuna – en el tiempo previsto no mayor a quince días– a las solicitudes presentadas por la comunidad, registrar un consolidado de solicitudes y sus respuestas para poder medir el indicador de seguimiento. En caso de no poder dar respuesta por tratarse de toma de decisiones, este deberá informarle al supervisor para estudiar el tipo de trámite a realizar.

- **Mecanismo de Atención a Quejas, Reclamos u Otro tipo de ocurrencia**

Referidos a la Atención a Quejas y Reclamos de la comunidad el contratista deberá cumplir con lo siguiente:

- Hacer del conocimiento de esta oficina ubicada para la recepción de quejas, reclamos y sugerencias, la cual deberá estar en lugar accesible. La atención deberá ser ágil y oportuna.
- El funcionario encargado de este rol, debe ser un canal facilitador, orientador y de asistencia para interponer reclamos derivados de la ejecución de las obras.
- Se debe considerar la posibilidad de tener una línea telefónica abierta, así como un correo electrónico, para interponer la denuncia o reclamo.
- Toda ocurrencia de quejas, reclamo u otro, será registrado en un libro con la finalidad de darle seguimiento de su solución y crear una base de datos.
- Considerar la creación de una comisión (ad hoc) interdisciplinaria que valore y cuantifique los daños (materiales, morales, físicos, electrónicos incluso psíquicos) a resarcir.
- La propuesta anteriormente expresa es de un plazo mínimo, pero en realidad estará en dependencia del tipo o categoría de reclamo para dar respuesta, el cual deberá establecerse.
- Mantener un proceso continuo de formación cívica a través de los medios de comunicación con viñetas y/o mantas alusivas a la ejecución del proyecto. Por ejemplo “cuidemos el patrimonio social”.
- Toda denuncia debe admitirse previa identificación de la persona (CI) y en calidad con relación al bien (dueño, inquilino, representante, etc.).
- Se debe tener en cuenta que los reclamos deben ser en caliente, ya que habrá casos que estarán fuera de lugar porque los procesos prescriben.

- Cada caso deberá manejarse en condición de privacidad (si no es del bien público) individualizado congruente con su condición personal (física, socio cultural, género, étnico, generacional (edad).
- Las noticias divulgadas por cualquier medio de comunicación se convierten en denuncia pública y habrá que atenderla de oficio, investigando la situación y procediendo según corresponda a fin de detener o contrarrestar los perjuicios sociales, económicos, ambientales y de la misma manera y por el mismo medio responder.
- Toda queja se recibe, pero habrá procesos que se deben descartar, por ejemplo:
    - Que se determine que una situación no es un hecho derivado de la ejecución del proyecto.
    - Carece de fundamento (agotado los medios y con la asesoría u orientación brindada).
    - Pretensión de actuar de mala fe.
    - Una vez concluido el proceso deberá hacer un acta conforme de recibido.

- **Indicadores de cumplimiento:** Establecimiento de coordinaciones con líderes locales y autoridades municipales, Reuniones con comunitarios, Anuncios informativos (mantas o cuñas en las radios locales)**,** Recepción y solución de inquietudes y problemas. Visitas comunitarias.
- **Responsable de la ejecución:** El Contratista.
- **Período de ejecución:** Durante toda la duración del Proyecto.
- **Costos:** Estos son gastos administrativos inherentes al proyecto, están incluidos dentro del presupuesto global. No hay gasto específico para la actividad. Cabe mencionar que se deberá presentar un diseño de formulario en el que se podrá interponer peticiones, quejas, reclamos, sugerencias, denuncias y consultas sobre los temas de competencia. Antes de su uso esta propuesta deberá ser revisada, corregida, mejorada y aprobada por el equipo de supervisión y del dueño MTI. Se sugiere que debe contener al menos los siguientes aspectos básicos:

- Logo de las Entidades.
- Contenido del formato: queja, reclamo, sugerencia, felicitación u otro.
- Información del ciudadano: Nombres y apellidos y Número documento de identificación
- Fecha:

- Dirección:
- Por cuál medio de contacto desea recibir respuesta: Escrito, Correo electrónico, Número telefónico.
- Pertinencia a grupos poblacionales: Discapacidad, adulto mayor, desplazado, mujer gestante, menor de edad, migrante, otro grupo vulnerable describir y anotar.
- Resuma brevemente el asunto manifestando claramente los hechos en forma concreta.
- Adjuntar alguna evidencia.
- Firma del demandante y de la persona que recibe la queja.

A continuación, se presenta una propuesta, la cual puede ser mejorada hasta contar con la aprobación de la firma supervisora o del dueño del proyecto:

Figura 101. Formato para quejas y sugerencias.

Es menester considerar el Sistema de Quejas desarrollado por MTI y que debe conjugar con el del contratista. El mecanismo de atención, funcionará entre el Administrador del Proyecto por la UCP- MTI, Supervisión, Contratista, Alcaldía Municipal de La Paz Carazo y Niquinohomo y la UGA-MTI; si el caso lo amerita, permitiendo que la estrategia de atención sea de carácter eminentemente funcional, orientado a brindar una respuesta expedita a la Población.

Como MTI se tiene establecido un mecanismo para facilitar recepción y resolución de reclamos, quejas, problemas y observaciones que haya con respecto al Proyecto. Este

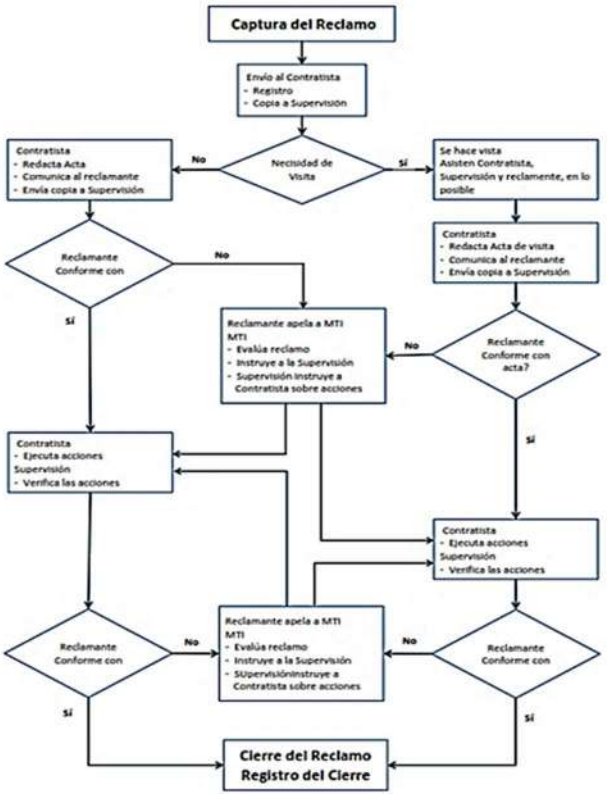
mecanismo de atención, estará supervisado por la Unidad de Gestión Ambiental del MTI (UGA-MTI). El procedimiento a seguir para la recepción de reclamos, quejas, problemas y/o sugerencias incluye:

- Recepción o captura del Reclamo, por parte del delegado del MTI bien la Supervisión, UGA y se envía al Contratista por escrito o verbal la queja, reclamo, problemas o sugerencia. Se recogerán en un formato único proporcionando el apoyo para su registro.
- Transcripción de Quejas y Reclamos al "Libro de atención de quejas, reclamos y/o sugerencias de la comunidad" que es una base de datos que incluye datos extraídos del formato presentado por el o los reclamantes. De este registro se envía copia a la Supervisión del Proyecto.
- Se valora la necesidad de visita in situ, de ser necesaria se efectuará de manera coordinada entre las partes, ellas son: Contratista, Supervisión, MTI y Reclamante en lo posible.
- Se redacta Acta de la visita de inspección in situ y se comunica al Reclamante con copia a la Supervisión del Proyecto.
- Se brinda respuesta de acuerdo a la naturaleza de la queja o reclamo, brindando la atención lo más pronto posible. En caso de inconformidad a la respuesta brindada, el Reclamante puede apelar en el MTI, quién evaluará el caso e instruye a la Supervisión para que el Contratista tome acción en el asunto.
- Siguiendo las instrucciones de la Supervisión del Proyecto el Contratista ejecuta la acción y la Supervisión verifica.
- Se cierra el reclamo y se registra en un formato específico
- Se elaborará una matriz consolidada que resume quejas, sugerencia y atención brindada (con inclusión de soportes respectivos) el cual debe ir incorporado al informe semanal y mensual. Tomando en cuenta los formatos remitidos por la UGA-MTI.

Los resultados de la resolución se darán conocer en los casos de comunidad afectada en los Talleres que se desarrollarán, contando con el apoyo de los especialistas sociales que intervienen en el proyecto. De igual manera se pone a disposición el Sistema de la Unidad Centro de Atención al Público y Acceso a la Información (CAPAI) del MTI, con el cual se pretende brindar soluciones a las quejas, problemas y observaciones; así como atención a las

sugerencias planteadas por la Población, de forma ágil, oportuna y adecuada a sus inquietudes.

Figura 102. Mecanismo de Quejas



- Buscar la Página WEB, www.mti.gob.ni, en el “Buzón de Sugerencia”.
- Se pone a disposición del público los números Telefónicos: (505) 2222- 5111 y 2222-5952.
- La supervisión del Proyecto incluirá en su informe mensual un resumen de quejas, sugerencia y atención brindadas a las mismas.
- Este mecanismo se le dará a conocer a la comunidad afectada en las asambleas que se desarrollarán, contando con el apoyo de los especialistas que intervienen en el proyecto.

Figura 103. Formato de Atención en el MTI

Tabla 163. Costos del plan

Concepto	Participantes	Cantidad	Total, U$S
Reproducción de material Informativo, volantes.	Pobladores.	1.000 volantes	250.00

4.4.1.19 Subprograma de Pueblos Indígenas

No se ubican pueblos indígenas a lo largo de camino ni en los sitios de bancos de préstamos; por lo tanto, este subprograma no se desarrolla.

4.4.1.20 Subprograma de Reasentamiento Involuntario - PRI

De acuerdo con los resultados de la investigación, se concluye que existen 69 propiedades que serán afectadas; de estas, 52 se consideran afectaciones totales, de las cuales 34 no disponen de terrenos para su reubicación. Se estimaron que en total 17 propiedades serán afectadas parcialmente.

Finalmente, hay otras afectaciones menores como remisión de cercas, quioscos, etc. En base a ello y considerando normas pertinentes, se estima que el PRI tendrá una inversión 3.4 millones de dólares y cuyo detalle se presenta a continuación:

Tabla 164. Detalle de costos PRI

CODIGO	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL (USD$)
931 (B)	Obras de reposición de afectaciones parciales a viviendas	m²	1,348.35	15,128.10	20,398,000.46	556,952.64
931 (C)	Pago de Terrenos por Afectación de Derecho de Vía	m²	184,081.95	177.79	32,728,520.30	893,628.56
930 (C)	Especialista Ambiental del contratista	Mes	18.00	71,939.51	1,294,911.15	35,356.61
930 (E)	Inspector Ambiental del contratista	Mes	18.00	38,908.88	700,359.82	19,122.82
930 (F)	Especialista Social del contratista	Mes	18.00	59,090.58	1,063,630.45	29,041.66
930 (G)	Pago INAFOR (Incluye regencia, inventario, plan, gestiones)	Global	1.00	135,578.20	135,578.20	3,701.86
930 (H)	Aplicación de PGA de bancos de materiales	Global	5.00	36,247.27	181,236.36	4,948.53
930 (I)	Pago de permisos ambientales	glb	1.00	182,194.05	182,194.05	4,974.68
930 (J)	Reuniones Comunitarias	C/U	16.00	18,559.35	296,949.57	8,107.99
					726,722,329.95	**19,842,627.18**

4.4.1.21 Subprograma de Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAA)

Es necesario destacar que en el acápite Evaluación de Impactos se ha realizado un análisis de los principales impactos del proyecto en tres escenarios: sin proyecto, con proyecto y sin medidas y con proyecto más medidas.

Para abordar este subprograma es necesario definir el concepto de Impacto Ambiental Acumulativo, para ello y después de revisar diversas informaciones, podemos definir el concepto a partir de dos puntos de vista técnicos (BID-Invest, 2023):

1. Todo inicio de una actividad, aun en sus fases más temprana (fase de pre-ejecución) seguramente comenzará a generar ciertos efectos en el ambiente (sobre todo de tipo sociales), los cuales pueden ser positivos, como en el caso de la acción A, o negativos, como el caso de las acciones B y C (ver Figura No. 54). A medida que la acción se ejecuta, sus repercusiones (normalmente negativas) tienden a acentuarse (fase de ejecución) hasta un punto en donde comienzan a ser menos intensas (más o menos en la mitad de la fase de ejecución) para luego estabilizarse en la fase de post-ejecución, llegando a generar distorsiones finales positivas, como en el caso de las acciones A y B, o negativas, como en el caso de la acción C. A estas distorsiones finales estabilizadas se las conoce también como impacto residual o huella ecológica de una acción o Impactos ambientales acumulativos.

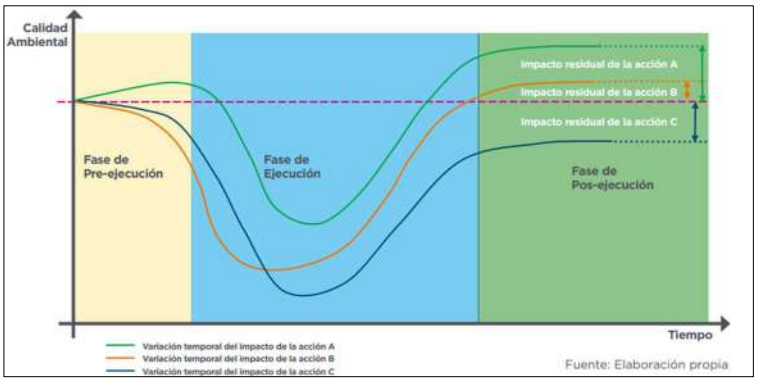


Figura 104. Variación del Impacto en función del tiempo. Fuente: BID-Invest, 2023

2. Un segundo concepto es el que se conoce como jerarquía de mitigación. Éste fue desarrollado para incentivar a que las acciones (proyecto) que pueden afectar un componente ambiental incorporen, dentro de su proceso de planificación y ejecución, medidas de manejo para evitar, minimizar, restaurar o compensar sus impactos negativos potenciales, de forma que el resultado final de su implementación sea, en términos ambientales, positivo o lo menos negativo posible. Para esto es importante tener en cuenta que:
   a. Evitar, busca prevenir que los impactos ocurran;
   b. Minimizar o mitigar, persigue la reducción de la duración, la intensidad o la extensión de un impacto;
   c. Restaurar, tiene como objetivo el que un lugar o componente ambiental afectado por un impacto recupere las condiciones que tenía antes de que dicho impacto se hubiere producido; y
   d. Compensar, apunta a la preservación de áreas equivalentes a las afectadas por las acciones ejecutadas, cuando las medidas para evitar, mitigar o restaurar el impacto no lograron generar un impacto agregado positivo.

Figura 105. Jerarquía de Mitigación. Fuente: BID-Invest, 2023

Entonces podemos decir que los impactos acumulativos se refieren, generalmente, a aquellas modificaciones en el comportamiento del ambiente que son el resultado de múltiples actividades o proyectos a lo largo del tiempo, incluidas las generadas por el proyecto que se está evaluando.

Los impactos acumulativos pueden abarcar diferentes tipos de efectos a distintas escalas espaciales y temporales. Éstos pueden ser el resultado de múltiples proyectos del mismo sector dentro de una zona determinada (actividades agrícolas en el área de influencia del proyecto, trafico, corta de árboles, generación de ruido habitual, erosión y sedimentación por actividades agrícolas, contaminación del arie por el tráfico habitual, accidentes, efecto barrera, etc.), de diferentes tipos de actividades agrícolas, centro de población, nuevas zonas de cultivo, etc., que ejercen presión en el área de influencia del proyecto y por ende de los recursos naturales existentes en dicha área de influencia, ya sea de forma simultánea o secuencial en el tiempo.

El efecto total agregado de todos los impactos del proyecto puede dar lugar a un impacto final mucho más significativo que los impactos individuales; por ejemplo, al aumentar la accesibilidad del tramo, aumenta la velocidad del tráfico y por ende puede aumentar la accidentalidad sobre el tramo, principalmente en los sitios más poblados ubicados a lo largo de la vía, esto a su vez aumenta la generación de gases de combustión y el ruido) – adecuado de BID-Invest, 2023. En la tabla siguiente, se presenta un esquema del análisis de la relación existente entre los tipos de impactos, incluyendo los acumulativos:

Tipo de impacto / Parámetro	Directo	Indirecto	Acumulado
Causa	Debido a las actividades del proyecto.	Debido a las actividades del proyecto, pero se producen más tarde o más lejos que los impactos directos.	Causado por las actividades del proyecto en combinación con las de otros proyectos y acciones.
Periodo de tiempo	Presente.	Presente y futuro.	Pasado, presente y futuro.
Alcance o efecto	Dentro y muy cerca de los límites del proyecto.	Dentro y cerca del área geográfica donde los proyectos pueden influir en los cambios directos.	Múltiples áreas: cada componente ambiental valorado tiene su propio rango dentro del cual su condición puede verse afectada.

Figura 106. Relación entre los tipos de impactos. Fuente: BID-Invest, 2023

- **Determinación de los componentes Valiosos del Ecosistema (CVE o VEC por sus siglas en inglés)**

Los componentes valiosos del ecosistema "VEC" por sus siglas en inglés) son atributos ambientales y sociales que se consideran importantes en la evaluación de impactos y riesgos acumulativos. Los VEC pueden ser muchas cosas: características físicas, hábitats, especies y poblaciones silvestres (por ejemplo, biodiversidad), servicios de los ecosistemas (como la pesca, el agua potable, la protección contra las inundaciones, etc.), procesos naturales (por ejemplo, los ciclos del agua y de los nutrientes, los microclimas), la condición social (por ejemplo, la salud, la economía, la seguridad alimentaria) o los aspectos culturales (por ejemplo, sitios arqueológicos, lugares sagrados, ceremonias espirituales o tradicionales). Los VEC son el centro de atención de la EIAA, ya que son los destinatarios finales de los impactos acumulativos. La selección de los VEC, para el caso específico del proyecto, se han considerado en base al análisis de impactos ya realizado para este EIA.

- **Metodología matricial Páez-Zamora para la EIAA**

De forma similar a los métodos matriciales utilizados en el proceso de EIA, la metodología matricial Páez-Zamora para la EIAA, parte de un listado de VEC y de un registro de proyectos pasados, presentes y futuros que pueden estar modificando o tienen la potencialidad de modificar cada uno de los componentes ambientales seleccionados, y que se arreglan respectivamente en filas y columnas de una matriz.

Cada celda de esta matriz, que registra una interacción entre el proyecto en cuestión y el VEC bajo análisis, puede ser calificada según su magnitud e importancia, tal como lo plantea el método original de Leopold, o como lo indica el método de Conesa. Identificados los VEC y los proyectos, se procede de forma similar a como lo plantea la metodología matricial de Leopold-Páez, con variaciones sutiles que permiten visualizar mejor los resultados y abordar el análisis si es que éste se lo hace desde la óptica de un proyecto en particular. Así, los pasos para el desarrollo de matriz de EGIA son los siguientes:

1. Delimitación el área a ser evaluada. En este caso se corresponde con el área de influencia total del proyecto de interés.
2. Identificación de los VEC: En base a las características del proyecto y del entorno, se han edificados los siguientes VEC´s: erosión y sedimentación del recurso suelo y

afectaciones al drenaje natural de la cuenca; efecto barrera que afecta principalmente a la fauna terrestre existente en al área de influencia del proyecto; aumento de la accidentalidad con consecuencias fatales para la población dentro del área de influencia del proyecto, esto incluye aumento de ruido; finalmente, el aumento del nivel de vida de la población por las mejoras que la pavimentación del camino supone.

3. Identificación de los proyectos pasados, presentes y futuros a ser considerados en la EGIA. Acá el análisis se ha adecuado al análisis de impactos en los tres mismos escenarios analizados en la valoración ambiental del proyecto: sin proyecto, con proyecto y sin medidas y con proyecto más medidas de mitigación.
4. Dado que ha hay un análisis de impactos, solo se considera el proyecto del camino y los tres escenarios indicados.
5. Transformación de los resultados totales (agregación de impactos) que cada componente ambiental obtuvo en el proceso de EIA, en nuevos valores de magnitud e importancia para cada VEC.
6. Determinación de la magnitud e importancia de las interacciones entre los proyectos y los VEC seleccionados.

Dado que aplicamos la metodología de Leopold[14] (1971), es necesario recordar los conceptos de magnitud e importancia.

Magnitud: Medida de grado, extensión o escala del impacto (en función de las características del entorno). Hace referencia a su cantidad física; si es grande o pequeño, y puede tener carácter positivo o negativos. La escala de 1 a 10, donde 1 es la menor magnitud y 10 la mayor.

En la tabla siguiente se presenta la tabla de valoración de los impactos acumulativos a partir de la identificación de los VEC´s identificados para el proyecto de interés.

[14] *LEOPOLD, L.B. et alii. A procedure for evaluating environmental impact. Washington, D.C., Geological Survey Circular 645, 1971. 13p.*

Figura 107. Matriz de Impactos Acumulativos del Proyecto.

Factor Ambiental \ Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto sin medidas	Con Proyecto y Con Medidas	Impactos Positivos	Impactos Negativos	Afectación Total al Factor
Erosión y sedimentación	-8 / 8	-3 / 3	3 / 2	1	2	-67
Efecto Barrera (movilidad fauna)	-8 / 5	-8 / 6	-5 / 5	0	3	-113
Aumento de accidentalidad	-4 / 3	-8 / 5	-2 / 2	0	3	-56
Aumento de nivel de vida	-6 / 3	6 / 8	8 / 10	2	1	110
Afectaciones positivas	0	3	2			
Afectaciones Negativas	4	1	2			
Afectaciones Totales del Proyecto	-134	-49	57			-126

Fuente: Adecuado de Paez-Samora, BID-Invest, 2023.

- **Análisis de resultados de la EIAA**

Se consideraron un total de 4 VEC´s, los cuales a juicio del Equipo Consultor son los más relevantes; esto no significa que sean los únicos, pero al final dan una idea bastante certera y general, de la problemática de los impactos residuales o colaterales que el proyecto generará una vez esté en su etapa de operación.

Los impactos acumulativos tienen un significado negativo total, lo cual se interpreta de que aún con las medidas de mitigación, habrá afectación del suelo dentro del área de influencia del proyecto, producto del aumento del escurrimiento del camino hacia el drenaje natural del entorno y lo cual en áreas aledañas pueden causar erosión, en menor medida y al margen de las medidas de mitigación propuestas en el PGA del estudio.

En el caso de la fauna, el efecto barrero, aun con las medidas de mitigación, habrá una afectación principalmente a la fauna terrestres que existe en el área de influencia del proyecto.

El aumento de la accidentalidad, en el caso del proyecto en su fase de operación, se debe principalmente a que el proyecto tendrá como consecuencia una mayor velocidad por mejores condiciones de circulación; esto en los sitios de mayor concentración poblacional podría causar mayor nivel de accidentalidad. A eso se suma, que los nivele de gases de combustión podría tener los mismos valores que en las etapas de planificación y construcción del proyecto.

Finalmente, es indiscutible que en el caso de aumento o mejora del nivel de vida de los pobladores, es positivo en los escenarios con proyecto con y sin medidas en comparación con el escenario del proyecto en su fase actual. Esto se mantendrá de forma permanente a lo largo de la vida útil del proyecto.

4.4.1.22 Subprograma de Monitoreo, seguimiento y control Ambiental y Social

La Unidad de Gestión Ambiental (UGA) mensualmente, verificará in situ, el Plan de Gestión Social, a fin de que se apliquen las medidas conformes con el bienestar social del entorno, este proceso se desplegará desde el inicio hasta el final de obras, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Divulgación, Coordinación Interinstitucional (Campaña de Vigilancia Epidemiológica), Talleres de Educación Vial, Mecanismos de Atención, Quejas y Reclamos y de Atención a la Comunidad.

Tabla 165. Indicadores para Monitoreo Social

Fase	Medida preventiva	Indicadores de Verificación	Responsable
Antes	Campaña de Vigilancia Epidemiológica, en coordinación con el MINSA, para prevenir sucesos de morbilidad.	Número de viviendas visitadas.	Gerencia Empresa Constructora, Supervisión, UGA-MTI en coordinación con el MINSA
	Implementar campaña de divulgación radial del proyecto	Número de menciones radiales. Número de personas en audiencia de anuncios.	Gerencia Empresa Constructora, Supervisora y UGA-MTI
Durante	Monitoreo y Seguimiento a la Contratación de Mano de Obra Local	Número de personas locales contratada por la empresa contratista.	
	Mecanismo de Atención a Quejas y Reclamos.	Número de Quejas y/o reclamos recibido y estatus de condición.	
	Ejecución de Talleres de Educación Vial.	Número de trabajadores, alumnos, docentes, padres de familia participantes en cada uno de los Talleres.	Gerencia Empresa Constructora, Supervisión, UGA-MTI en coordinación con el MED y PN
	Evitar que personas y/o familias en situación de pobreza de la zona se asienten en el derecho de vía.	Mayor número de representantes alcaldías informados. ≤ 0 números de familias asentados en el Derecho de Vía.	MTI, Alcaldía Municipal de El Rosario, Masatepe y Niquinohomo.
Después	Brigadistas de Salud monitoreo prevalencia de enfermedad de pobladores aledaño al proyecto.	Número de viviendas visitadas.	MINSA, MTI, Alcaldía Municipal de El Rosario, Masatepe y Niquinohomo.

4.4.1.23 Subprograma Plan de Desvíos Provisionales, Mantenimiento de Trafico y de la obra

Se deberán habilitar los desvíos temporales, para los cuales se propone básicamente las señales siguientes: Señal Vertical de Camino Cerrado Adelante, Señal Vertical De Banderillero, Señal Vertical Solo Una Vía Delante y Señal Vertical de Hombres Trabajando

- **Ubicación:**

Otras serán determinadas por el contratista en el sitio.

- **Descripción de las obras**

Incluye todas las construcciones temporales para desviar el tráfico vehicular y evitar el paso por aquellos tramos donde el Contratista trabaja momentáneamente.

En esta actividad el Contratista debe adoptar todas las medidas necesarias para que la circulación del tránsito vehicular sea la más fluida posible. El Contratista está en la obligación de brindar un mantenimiento menor a esos desvíos, será el responsable de mantener las obras contratadas en condiciones aceptables y reparar todos los daños que sufran por cualquier causa, excepto en los casos de fuerza mayor.

En dependencia a la topografía del terreno se facilitará el tráfico por esos desvíos, ya sea la demanda de instalar alcantarillas o construir vados provisionales. Comúnmente estas tareas se realizan durante la remoción e instalación de alcantarilla, construcción de puentes y cajas, movimiento de tierra y la colocación de la carpeta de rodamiento. Algunas medidas de mitigación que se aconsejan (en cuanto sea posible):

- Ajustar el horario de trabajo para no perturbar el tránsito. Definir una señalización y una red de desvíos adecuada.
- Avisar a la población de la implementación de las obras: importancia, duración, ubicación.
- Asegurar la limpieza adecuada de los desvíos en el casco urbano.

Adicionalmente, queda la obligación contractual de observar la legislación vigente: *NIC - 2000 Ver "105.06 Mantenimiento del tráfico" 105.07. Disposiciones sobre Control del Tráfico.*

- **Indicadores de cumplimiento:**

Construcción de los desvíos establecidos por el contratista, incorporando las medidas de mitigación socio ambientales.

- **Responsable de la ejecución:**

La empresa constructora del tramo de la carretera, con la debida supervisión.

- **Período de ejecución:**

Desde el inicio de la construcción hasta su finalización.

Modelo de la Señalización Temporal

- **Descripción técnica:**

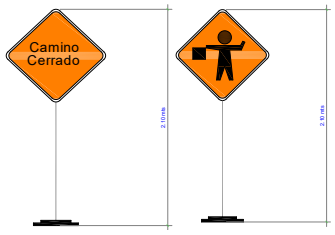
Fabricada en lámina galvanizada No. 22 en forma de rombo de 61 cm. Por lado con esquina redonda tratado con fondo oleo resinoso y anticorrosivo. Rotulación a una cara sobre reflectivo fado Alta Intensidad color Naranja. Los diseños se harán en corte electrónico sobre material vinil auto adhesivo color negro mate.

La estructura de sostén será tubo galvanizado de 5 cm de diámetro y 2.10 m de alto total, en la parte inferior piezas del mismo material en forma de cruz para su sostén en medidas de 30 cm por lado.

- **Descripción de uso:**

Será obligatorio la colocación de este tipo de señales a una distancia mínima de 100 metros antes de llegar a la zona de construcción. Las señales se colocarán a lado derecho donde no obstaculice ni ofrezca riesgos a la circulación vehicular.

Figura 108. Camino Cerrado y banderillero adelante.



- **Descripción técnica (Figura de Banderillero adelante):**

Fabricada en lámina galvanizada No. 22 en forma de rombo de 61 cm. Por lado con esquina redonda tratado con fondo oleo resinoso y anticorrosivo. Rotulación a una cara sobre reflectivo de Alta Intensidad color Naranja. Los diseños se harán en corte electrónico sobre material vinil auto adhesivo color granate. La estructura de sostén será tubo galvanizado de 5 cm de diámetro y 2.10 m de alto total, en la parte inferior piezas del mismo material en forma de cruz para su sostén en medidas de 30 cm por lado

Figura 109. Hombres trabajando

- **Descripción de uso:**

Sera obligatorio la colocación de este tipo de señales a una distancia mínima de 50 m antes de llegar a la zona de construcción. Las señales se colocarán a lado derecho donde no obstaculice ni ofrezca riesgos a la circulación vehicular.

- **Descripción técnica:**

Fabricada en lámina galvanizada No. 22 en forma de rombo de 61 cm Por lado con esquina redonda tratado con fondo oleo resinoso y anticorrosivo. Rotulación a una cara sobre reflectivo fado Alta Intensidad color Naranja. Los diseños se harán en corte electrónico sobre material vinil auto adhesivo color negro mate.

La estructura de sostén será tubo galvanizado de 5 cm de diámetro y 2.10 m de alto total, en la parte inferior piezas del mismo material en forma de cruz para su sostén en medidas de 30 cm por lado.

- **Descripción de uso:**

Sera obligatorio la colocación de este tipo de señales a una distancia mínima de 30 metros antes de llegar a la zona de construcción. Las señales se colocarán a lado derecho donde no obstaculice ni ofrezca riesgos a la circulación vehicular.

- **Descripción de uso:**

Sera obligatorio la colocación de este tipo de señales a una distancia mínima de 50 metros antes de llegar a la zona de construcción. Las señales se colocarán a lado derecho donde no obstaculice ni ofrezca riesgos a la circulación vehicular.

- **Descripción técnica:**

Fabricada en lámina galvanizada No. 22 en forma de rombo de 61 cm por lado con esquina redonda tratado con fondo oleo resinoso y anticorrosivo. Rotulación a una cara sobre reflectivo fado Alta Intensidad color Naranja. Los diseños se harán en corte electrónico sobre material vinil auto adhesivo color negro mate. La estructura de sostén será tubo galvanizado de 5 cm de diámetro y 2.10 m de alto total, en la parte inferior piezas del mismo material en forma de cruz para su sostén en medidas de 30 cm por lado.

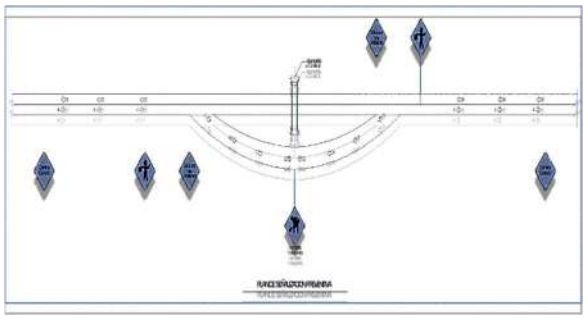
Figura 110. Solo una vía Adelante

- **Descripción de Uso:**

Sera obligatorio la colocación de este tipo de señales a una distancia mínima de 10 metros antes de llegar a la zona de construcción.

Las señales se colocarán a lado derecho donde no obstaculice ni ofrezca riesgos a la circulación vehicular.

Figura 111. Modelo de Señalización en Obras



4.4.1.24 Subprograma de Activación de Plan de Respuesta del COV-19

El objetivo de la vigilancia de la COVID-19 en la ejecución del proyecto es frenar su propagación, lo que facilita a las autoridades de salud pública la toma de decisiones sobre la enfermedad y, de esta manera, permitir que la actividad económica y social se reanude en la medida de lo posible.

La vigilancia también es necesaria para monitorear las tendencias de la transmisión de la enfermedad y los cambios del virus a largo plazo; de igual manera, se realizarán actividades para la promoción de prácticas de higiene adecuadas, como el lavado de manos y medidas de prevención de enfermedades transmitidas por alimentos.

Medidas generales de higiene, limpieza y desinfección de Instalaciones donde opera el proyecto.

- **Procedimiento de limpieza y desinfección de acuerdo a las directrices emitidas por la autoridad sanitaria MINSA:**

1. Lavar y desinfectar pisos, paredes, equipos y utensilios, anaqueles o góndolas, los utensilios de autoservicio que usan los consumidores o trabajadores de cualquier empresa.
2. Lavar y desinfectar lavamanos y servicios sanitarios del establecimiento usando desinfectantes, tales como cloro y amonio cuaternario.
3. Desinfectar las superficies que los empleados o visitantes tocan, como las manijas de las puertas, las asas del equipo, el mostrador donde se paga, los carritos de compras, teléfonos, entre otros.
4. Mantener limpios y desinfectados de los baños, así como cambiar las soluciones sanitizantes para garantizar su efectividad.

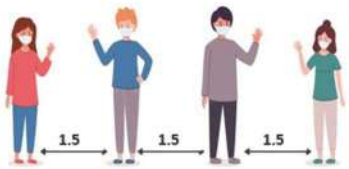


Figura 112. Distanciamiento Social

Equipo de protección personal: mascarilla, delantal plástico, zapatos cerrados o botas, pantalón, camisas con manga, lentes protectores.

Figura 113. Equipo de Protección.

Medidas de prevención para trabajadores y visitantes;

1. Mantener distanciamiento físico de 1.5 metros según recomendación del Ministerio de Salud.
2. No tener contacto directo con las personas (apretones de manos, abrazos) y disminuir la interacción.
3. Usar mascarilla en el lugar de trabajo y en lugares públicos.
4. No tocarse nariz, ojos y boca
5. Lavar las manos con agua y jabón durante al menos 20 segundos, especialmente después de ir al baño, antes de comer, después de sonarse la nariz, toser o estornudar y siempre que sea necesario.
6. Usar desinfectantes para manos a base de alcohol al 70%
7. Al medir la temperatura y encontrarse en valores superiores a 37.5, no se permite su ingreso al establecimiento.

Si el trabajador del establecimiento presenta síntomas, referir a la unidad de salud más cercana o empresa médica previsional.

El MINSA recomienda la Organización de los Servicios de Salud:

Mejorar la capacidad de detección temprana y manejo oportuno en todos los niveles.

Realizar actualización de conocimiento y educación continua al personal sobre el abordaje de la Infección Respiratoria Aguda Grave (IRAG) Normativa–100 y Protocolo de Contención y abordaje de casos de la COVID-19.

a. Capacitar a la Red Comunitaria en la definición de caso, en la captación precoz, medidas de prevención y referencia oportuna de los casos, así como en las medidas de resguardo domiciliar y recomendaciones de cuido en el Hogar.
b. Garantizar la disponibilidad de normas de manejo clínico de las Infecciones Respiratorias Agudas sospechosas de la COVID- 19 en adultos y niños en los diferentes ambientes.

c. Captación de casos sospechosos de la COVID-19 en todos los niveles de acuerdo con la definición de caso.

Actividades comunes para toda la red de servicios.

a. Liderazgo: Organización del Centro de Operaciones de Desastre (CODE).
b. Activación del Comité Interinstitucional de emergencia de salud (Organigrama funcional con sus funciones definidas a cada miembro del comité COVID-19).
c. Establecimiento de los mecanismos de activación y respuesta a emergencias que incluye procesos de coordinación con los comités de prevención, mitigación y atención de desastres a nivel Departamental (CODEPRED) y Municipal (COMUPRED),

Recursos Humanos: Identificar la distribución según perfil de los recursos humanos asistenciales de la red de servicios, para dar respuesta a la pandemia de la COVID-19.

a. Determinar la dotación de recurso humano necesaria para provisión de la atención requerida ante diferentes escenarios como ausencia del personal o requerimientos de su incremento según el comportamiento de la pandemia.
b. Asegurar la disponibilidad de los recursos humanos en las unidades de salud del primer nivel de atención para dar respuesta a la pandemia de la COVID-19 sin descuidar la atención a otras demandas y necesidades en salud de la población. Elaboración de roles de turnos en área de atención de pacientes de la COVID-19.
c. Identificar recursos humanos en salud, externo a la red de servicios, para eventual activación según comportamiento epidemiológico.
d. Fortalecer las competencias requeridas en el personal de salud para la respuesta a la epidemia de la COVID-19.
e. Garantizar las condiciones de bioseguridad de los trabajadores de salud que incluye equipo de protección personal (EPP) necesarios según tipo de atención.

Planificación

a. Elaborar programación y presupuesto de recursos financieros para la atención de la epidemia.
b. Determinar la necesidad y disponibilidad (extra programación) de insumos para: protección de personal, equipamiento médico y no medico e insumos para el manejo clínico de pacientes, que incluye medicamentos, oxígeno medicinal,

insumos para la prevención, control de infecciones e insumos para la higiene de manos, entre otros.

c. Actualizar el inventario y disponibilidad de equipos (estetoscopios, esfigmomanómetros, termómetros, balanzas pediátricas y adultos, monitores de signos vitales, bombas de infusión, ventiladores mecánicos, laringoscopio, rayos X portátiles y estacionario, Ultrasonido) y medios de transporte para hacer frente a casos de la COVID-19.

d. Definir la gestión administrativa y de apoyo para la atención en momentos de pandemia que incluya la gestión de suministros críticos (agua, alimentos, energía eléctrica, comunicación, combustible, oxigeno, etc.)

e. Identificar las disposiciones especiales para la movilización del recurso humano dentro de las unidades de salud y en la comunidad, la compra local y distribución de equipos (de comunicación, básicos de atención, insumos).

f. Elaborar programación y presupuesto de recursos financieros para la atención de la epidemia.

Gestión de información

a Actualizar la sala de situación para el manejo de información sobre la COVID-19 con mapeo de las tendencias de la pandemia.

b Generar informes de situación de la pandemia datos epidemiológicos clínicos, uso de recursos, consumo de insumos y necesidades.

c El director del establecimiento de salud informa de inmediato a su director de SILAIS y este a la Dirección Superior del MINSA, las eventualidades.

Tabla 166. Actividades de seguridad comunitaria

Durante el periodo del proyecto		Responsable	Costos U$D
Medidas	**Participantes**		
Jornadas de Salud.	Brigadistas de Salud.	Empresa Constructora, Supervisora, UGA-MTI., MINSA.,	200
Taller de manejo de Alimentos.	Pobladores.		500
Atención primaria de infecciones, COVID, Dengue.	Pobladores Trabajadores del Proyecto.	Empresa Constructora, Supervisora, UGA-MTI.	200
Fumigación y erradicación de vectores	Brigadistas	MINSA, Líderes.	200
		Total	**U$S 1,100**

4.4.1.25 Presupuesto PGAS

En la tabla siguiente se presente el presupuesto para ejecutar el Plan de Gestión Social del proyecto.

Tabla 167. Costos Estimados para la Ejecución del Plan de Gestión Social

No	Descripción	Total, US $
1	Subprograma Capacitación Vial	6,375.67
2	Subprograma de Atención Quejas, Sugerencias y Resolución de Conflictos.	706.32
3	Subprograma Salud Sexual y Reproductiva	6,375.67
4	Subprograma de Respuesta al COVID 19	1,100.00
	Gran Total US$	**14,557.66**

4.4.1.25.1 Cronograma PGAS

En la tabla siguiente se presenta el cronograma para la ejecución de todas las actividades que conforman el Plan de Gestión Social del Proyecto. Es necesario destacar, que todavía no se conoce con exactitud el inicio de la construcción del tramo, ni la empresa que será adjudicada para ello, por lo tanto, el cronograma se ha planteado en torno a su ejecución por subprogramas tanto al inicio, programado y durante la construcción de la obra.

Tabla 168. Cronograma del Plan de Gestión Social del Proyecto

No.	Planes y Programas de la Gestión Social	Periodo de Aplicación		
		Inicio	Programado	Durante
1	Sub Programa de Monitoreo del Plan de Gestión Social			■
2	Subprograma de Reasentamiento	■		
3	Subprograma de Educación Vial Ambiental y Salud		■	
4	Subprograma de Plan de Higiene y Seguridad Laboral	■	■	■
5	Subprograma de Salud Sexual y Reproductiva	■	■	
6	Subprograma de Señalamiento Vial Preventivo	■	■	■
7	Subprograma de Atención e Información a la Comunidad	■	■	■
8	Plan de Vigilancia Epidemiológica.		■	
9	Plan de Monitoreo y Seguimiento a la Contratación de Mano de Obra Local	■	■	■
10	Plan de Desvíos Provisionales, Mantenimiento del Tráfico y de la Obra	■	■	■
11	Monitoreo y Seguimiento de aplicación de medidas de prevención y mitigación Social	■		■

Tabla 169. Georreferenciación de comunidades afectadas

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CAMINO LA PAZ DE CARAZO-SAN PEDRO-NIQUINOHOMO"

ENERAL DE AREAS DE AFECTACION A INFRAESTRUCTURAS DEL "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CAMINO LA PAZ DE CARAZO-SAN PEDRO-NIQUINOHOMO" TRAMO II

BANDA DERECHA

N° de Plano	acion de In	stacion Fin	Propietario	de Afectacion	Matriales de Construcción			Uso			Banda	Total Afectada	construcion Afectad	l de constru	De Afecataci	Categoria	Afectacion	OBSERVACIONES
				recho de '				Vivienda	Negocio	Otros	Derecha							
1	6+413	6+478	Geovanny Garcia Pavón	X	Piedra cantera	zinc	Tierra	X		X	X	364.396	30.375	32.587	93.21%	B	Total	Dispone de Terreno
2	6+736	6+770	Yolanda del Carmen Guerrero Muñoz	X	Piedra cantera	zinc	Ladrillo	X		X	X	364.003	162.262	190.78	85.05%	B	Parcial	Dispone de terreno
3	7+213	7+237	Iraida Ibell Potosme Ortiz	X	Bloque	zinc	Embaldosado	X	X	X	X	1.558	1.558	61.282	2.54%	B	Parcial	Reponer lo dañado
4	7+237	7+257	Maria Aurora Guerrero Pavon	X	Piedra cantera	zinc	Embaldosado	X		X	X	6.104	6.104	62.93	9.70%	B	Parcial	No d/ispone de terreno
5	8+587	8+621	Leopoldina Gaitan Noron	X	Piedra cantera	zinc	Ladrillo	X	X	X	X	346.382	44.663	336.415	13.28%	B	Parcial	Dispone de terreno
6	8+721	8+737	Sara Cordonero	X	Bloque	zinc	Embaldosado	X		X	X	121.54	20.039	24.776	80.88%	B	Parcial	Reponer lo dañado
7	8+997	9+074	Jose Romero	X		zinc	Embaldosado	X		X	X	787.65	3.41	101.44	3.36%	B	Total	No d/ispone de terreno
8	9+079	9+109	Martha López	X	Bloque	zinc	Embaldosado	X		X	X	328.628	119.06	290.196	41.03%	A	Total	Reponer vivienda
9	9+393	9+403	Jorge Groswis Espinoza	X	Piedra cantera	zinc	Ladrillo	X		X	X	187.347	17.942	18.646	96.22%	B	Total	Reponer lo dañado
10	10+061	10+075	Nicolas Rafael Espinoza López	X	Piedra cantera	zinc	Ladrillo	X		X	X	3486.726				A	Total	No d/ispone de terreno
11	10+080	10+086	Francis Aracelly Salamanca Espinoza	X	Piedra cantera	zinc	Tierra	X		X	X	487.594	21.963	59.971	36.62%	B	Total	No d/ispone de terreno
12	10+091	10+098	Maria Teresa Salamanca Espinoza	X	Piedra cantera	zinc	Tierra	X		X	X	487.594	19.843	38.741	51.22%	B	Total	No d/ispone de terreno
13	10+104	10+110	Jorge Luis Salamanca Espinoza	X	Piedra cantera	zinc	Embaldosado	X		X	X	487.594	13.334	37.795	35.28%	A	Total	No d/ispone de terreno
14	10+119	10+127	Dolores Espinoza Espinoza	X	Piedra cantera	zinc	Embaldosado	X		X	X	487.594	16.903	64.976	26.01%	B	Parcial	No d/ispone de terreno
15	10+134	10+144	Jose Andres Salamanca Espinoza	X	Piedra cantera	zinc	Ceramica	X		X	X	487.594	16.87	72.888	23.15%	B	Parcial	No d/ispone de terreno
16	No d/ispone de terreno		No d/ispone de terreno	No d/ispone de terreno		No d/ispone de terreno		No d/ispone de terreno		o d/ispone de terren		/ispone de ter	d/ispone de terren	ispone de te	/ispone de te	No d/ispone de terreno		No d/ispone de terreno

Tabla 170. Afectaciones a viviendas

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CAMINO LA PAZ DE CARAZO-SAN PEDRO-NIQUINOHOMO"

ATRIZ GENERAL DE AREAS DE AFECTACION A INFRAESTRUCTURAS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDADA Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CAMINO LA PAZ DE CARAZO-SAN PEDRO-NIQUINOHOMO" TRAMO I (0+000 A 6+189)

BANDA IZQUIERDA

Estacion de Inicio	Estacion Final	Propietario	Tipo de Afectacion	Tipo de construccion	Uso			Banda		Area Total Afectada (m2)	Area de construcion Afectada (m2)	% De Afecatacion	Categoria	Afectacion
			Derecho de Via		Vivienda	Negocio	Otros	Derecha	Izquierda					
6+186	6+209	Meyling Patricia Muñoz Perez	X	Piedra Tierra Zinc	X				X	196.555	4.764	8.21%	B	Ttotal
6+616	6+736	jose romero	X	Piedra Tierra Zinc	X				X	997.211	21.661	53.15%	B	Parcial
6+736	6+772	Jose Groos	X	Piedra Zinc Ceramica	X				X	344.996	26.089	13.67%	B	Parcial
6+950	6+972	Yolanda del Carmen Guerrero Muñoz	X	Piedra Tierra Zinc			X		X	105.592			B	Parcial
7+712	7+730	Neftali Badimir Lopez Porras	X	Piedra Ceramica Zinc			X		X	46.783	11.492	4.71%	B	Parcial B
9+073	9+106	Martha Lopez	X				X		X	336.525	68.923	23.74%	A	Total
9+384	9+411	Jorge Groswa Espinoza	X	Piedra Cantera Zinc Tierra			X		X	348.468	0.703	0.47%	B	Parcial
9+728	9+734	Silvia Antonia Pavon Martinez	X	Piedra Zinc Tierra	X				X	40.005	11.082	27.70%	A	Total
9+734	9+743	Mercedes Antonia Canda Pavón	X	Piedra Zinc Tierra	X				X	51.882	14.186	27.34%	A	Total
9+766	9+777	Ana Nicaragua	X	Piedra Zinc Tierra	X				X	62.403	62.403	100.00%	A	Total
9+778	9+785	Teresa de Jesús Aguilar	X	Piedra Cantera Zinc Tierra	X				X	29.777	29.777	100.00%	A	Total
9+785	9+796	Teresa de Jesus Aguilar	X	Piedra Cantera Zinc Tierra	X				X	52.341	52.341	100.00%	A	Total
9+796	9+802	Ana Maria Davila	X	Piedra Cantera Zinc Tierra	X				X	25.061	25.061	100.00%	A	Total
9+802	9+810	Ana Karina Morales Garcia	X	Piedra Cantera Zinc Tierra	X				X	27.442	27.442	100.00%	A	Total
9+810	9+819	Aura Maria Davila Garcia	X	32	X				X	62.765	62.765	100.00%	A	Total
9+819	9+828	Carlos Eduardo Potosme Aguilar	X	Piedra Cantera Zinc Embaldosado	X				X	41.733	41.733	100.00%	A	Total
9+829	9+839	Walquiria de los Angeles	X	Piedra Cantera Zinc Embaldosado	X				X	55.141	55.141	100.00%	A	Total
9+839	9+857	Felix Pedro Aguirre	X	Piedra Cantera Zinc Tierra	X				X	107.523	107.523	100.00%	A	Total
9+858	9+888	Felix Pedro Aguirre	X	Piedra Cantera Zinc Tierra	X				X	158.177	158.177	100.00%	A	Total
9+888	9+914	Olga Maria Barrio Jiron	X		X				X	139.727	139.727	100.00%	A	Total
9+914	9+933	Jony Joel Galan	X	Piedra Cantera Zinc Embaldosado	X				X	86.165	86.165	100.00%	B	Total

4.4.2 Evaluación Socioeconómica del Proyecto

4.4.2.1 Cálculo de los Precios Económicos y Precios Sombra

Tomando como referencia las Pautas Metodológicas de Preinversión actualizada en julio del 2010 por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), se ha realizado la evaluación económica, estimando los parámetros de eficiencia de los principales elementos del proyecto, dentro de los que se pueden mencionar: el precio de la mano de obra calificada y no calificada, el cálculo del Factor Estándar de Conversión (FSC) y el parámetro de ajuste para la importación de insumos y materiales agrícolas y no agrícolas. Los factores utilizados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 171. Precios Sociales De Nicaragua. Vigentes 2018

Tasa Social de Descuento	8.0%
Precio Social de la Divisa	1.015
Mano de Obra	
• Calificada con desempleo involuntario	0.82
• No Calificada con desempleo involuntario	0.54
• Calificada con pleno empleo	1.00
• No Calificada con pleno empleo	0.83
Factor Estándar de Conversión FSC	0.985

- **Costo social de la mano de obra**

El Precio Social de la Mano de Obra representa el verdadero costo para la sociedad y se calcula por categoría, así: Mano de Obra Calificada (MOC) y Mano de Obra No Calificada (MONC), para ambas se calcula con dos escenarios:

- Economía con desempleo involuntario y,
- Economía con pleno empleo.

Los resultados obtenidos por el SNIP[15] para estas categorías se resumen a continuación.

[15] Véase el siguiente link: http://190.212.238.38/preinversion/PreciosSociales.aspx.

Tabla 172. Resumen FCS Estimados Para Nicaragua

ESCENARIOS	MOC	MONC
Economía con desempleo involuntario	0.82	0.54
Economía con pleno empleo	1.0	0.83

Fuente: SNIP.

Para el caso nuestro utilizaremos los factores del escenario con desempleo involuntario.

- **Factor de corrección para los materiales de construcción**

Los factores de corrección para los materiales de construcción utilizados son los que rigen en las pautas metodológicas del SNIP para los diferentes factores, previamente enunciadas. El factor del combustible, lubricantes y llantas se calculó dividiendo el costo económico entre el costo financiero de cada uno de ellos. Para el presente estudio se utilizaron los siguientes:

Tabla 173. Factores de Conversión para Materiales de Construcción

	Calificada	**0.820**
MANO DE OBRA	No Calificada	0.540
	Viáticos	0.985
	Depreciación	1.015
	Intereses Financieros	0.985
	Reparaciones Generales	1.015
EQUIPO	Combustible	0.890
	Lubricantes	0.790
	Llantas	0.770
	Batería	1.015
	Accesorios /Mantenimiento	1.015
MATERIALES	Nacionales	0.985
	Importados	1.015

Fuente: SNIP.

- **Costos de Operación Vehicular**

A continuación, se presenta la tabla resumen de los costos de operación vehicular de las diferentes alternativas constructivas, la cual muestra los costos por alternativa. De

acuerdo a los datos presentados se puede determinar que la alternativa que genera más ahorros es Concreto Hidráulico Lozas Corta

La tabla muestra que la Alternativa Base tiene un COV = 11.6 US$, la Alternativa Asfalto con un VOC = 6.38, y la Alternativa concreto hidráulico losas cortas con un COV = 6.04 US$.

Figura 114. Costos de Tiempo de Viaje

COSTOS ECONÓMICOS PROMEDIOS DE OPERACION VEHICULAR AÑO 2022 (US$)			
	ALTERNATIVA BASE	CONCRETO LOSAS CORTAS	MEZCLA ASFALTICA
VEHICULO	Costo promedio del usuario	Costo promedio del usuario	Costo promedio del usuario
Auto	0.48	0.31	0.31
Bus	2.92	1.45	1.55
Camion C2 > 5	0.89	0.47	0.48
Camion C2 Liv	0.66	0.36	0.38
Camion C3	1.57	0.82	0.84
Camion C4	0.00	0.00	0.00
Camion CxRx4	0.00	0.00	0.00
Camion CxRx5	0.00	0.00	0.00
Camion TxRx5	0.00	0.00	0.00
Camion TxRx6	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx3	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx4	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx5	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx6	0.00	0.00	0.00
Camiones de 7-8 ejes	0.00	0.00	0.00
Camioneta	0.71	0.40	0.42
Jeep	0.68	0.34	0.37
Micro bus	1.21	0.64	0.68
Mini Bus	2.34	1.17	1.28
Moto	0.11	0.08	0.07
Total	11.56	6.04	6.38

De forma complementaria a lo expresado en los costos de operación, los tiempos de viaje resultan ser menores para la alternativa de Concreto Hidráulico de Lozas Corta con valores de 2.3 U.S. $, La Mezcla Asfáltica 2.67 U.S.$ y la Alternativa base 5.25 U.S.$.

Figura 115. Costos de Construcción, de Mantenimiento y de Supervisión de las Alternativas

COSTOS ECONÓMICOS PROMEDIOS DE TIEMPO DE VIAJE AÑO 2022 (US$)			
	ALTERNATIVA BASE	CONCRETO LOSAS CORTAS	MEZCLA ASFALTICA
VEHICULO	Costo del tiempo de viaje promedio	Costo del tiempo de viaje promedio	Costo del tiempo de viaje promedio
Auto	0.12	0.05	0.06
Bus	1.50	0.71	0.80
Camion C2 > 5	0.25	0.11	0.12
Camion C2 Liv	0.15	0.07	0.08
Camion C3	0.27	0.11	0.13
Camion C4	0.00	0.00	0.00
Camion CxRx4	0.00	0.00	0.00
Camion CxRx5	0.00	0.00	0.00
Camion TxRx5	0.00	0.00	0.00
Camion TxRx6	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx3	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx4	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx5	0.00	0.00	0.00
Camion TxSx6	0.00	0.00	0.00
Camiones de 7-8 ejes	0.00	0.00	0.00
Camioneta	0.29	0.12	0.14
Jeep	0.42	0.18	0.21
Micro bus	0.73	0.31	0.37
Mini Bus	1.47	0.63	0.74
Moto	0.04	0.02	0.02
Total	5.25	2.30	2.67

LA PAZ DE CARAZO - SAN PEDRO - NIQUINOHOMO

COSTOS DE MANTENIMIENTO

Summary of Total Annual Costs:

Base Sensitivity Scenario

AÑOS	Alternativa Base	Concreto Hidraulico Losas Cortas	Mezcla Asfaltica	Total
2,026.00	54,181.50	2,281,422.50	2,199,134.63	4,534,738.63
2,027.00	50,258.97	5,788,813.00	5,580,018.00	11,419,089.97
2,028.00	50,258.97	13,543,468.04	13,150,742.62	26,744,469.63
2,029.00	50,258.97	30,018.43	124,889.43	205,166.83
2,030.00	551,473.89	387,379.54	203,092.17	1,141,945.60
2,031.00	54,181.50	30,018.45	124,889.43	209,089.38
2,032.00	50,258.97	30,018.45	124,889.43	205,166.85
2,033.00	50,258.97	30,018.45	168,390.60	248,668.02
2,034.00	50,258.97	30,018.45	124,889.43	205,166.85
2,035.00	551,473.89	387,379.57	203,092.17	1,141,945.63
2,036.00	54,181.50	30,018.47	124,889.43	209,089.40
2,037.00	50,258.97	30,018.47	124,889.43	205,166.87
2,038.00	50,258.97	30,018.48	168,390.60	248,668.05
2,039.00	50,258.97	30,018.49	124,889.43	205,166.89
2,040.00	551,473.89	387,379.61	203,092.17	1,141,945.67
2,041.00	54,181.50	30,018.50	124,889.43	209,089.43
2,042.00	50,258.97	30,018.52	124,889.43	205,166.92
2,043.00	50,258.97	30,018.53	168,390.60	248,668.10
2,044.00	50,258.97	30,018.54	124,889.43	205,166.94
2,045.00	551,473.89	387,379.66	203,092.17	1,141,945.72
2,046.00	54,181.50	30,018.57	124,889.43	209,089.50
2,047.00	50,258.97	30,018.58	124,889.43	205,166.98
Total	3,130,169.67	23,613,499.30	23,746,108.89	50,489,777.86

HDM-4 Version 2.1

Figura 116. Costo de Mantenimiento

4.4.2.2 Evaluación Económica

En esta sección se presentan o entregan los elementos teóricos sobre la evaluación social de proyectos, a la vez, en la metodología se explican los dos enfoques de evaluación: Enfoque del Excedente del Productor y el Enfoque del Excedente del Consumidor, indicándose cuando es conveniente aplicar uno u otro. Se abordan los tres indicadores de la rentabilidad del proyecto: VAN, TIR y R (B/C); y los resultados de la evaluación. Además, se enuncian los principales beneficios del proyecto. Otro tema que se aborda es el análisis de sensibilidad que se realiza para conocer la sensibilidad del proyecto y e concluye con el análisis del momento óptimo para conocer qué pasa si se posterga la construcción un año.

4.4.2.2.1 Metodología

Existen diversos criterios que intervienen en el proceso de evaluación. En el caso de los proyectos en los que el inversionista es el Gobierno Central en sus distintos niveles, por ejemplo, los caminos rurales, el análisis de referencia tiene por finalidad cuantificar los beneficios que obtendrá la colectividad, desde la óptica micro y macroeconómica, es decir,

que los criterios que predominan en el análisis son los que contemplan el beneficio colectivo de una población determinada, así como los costos de oportunidad.

Todo proceso de evaluación de proyectos viales produce tres tipos de efectos:

a. Consumo de recursos escasos.
b. Generación de ingresos.
c. Externalidades (positivas y negativas).

Para lo anterior, es necesario establecer una metodología que explique de forma convincente la recomendación de la mejor alternativa técnica y económica que resulte de este proceso. A continuación, se presenta el proceso metodológico que se ha seguido para realizar este estudio.

Existen dos metodologías tradicionales para medir los beneficios. Una es la metodología convencional de evaluación de proyectos de carretera, la cual hace hincapié en la cuantificación de las economías para los usuarios. La otra metodología centra su análisis en los cambios económicos que se producen en la zona de influencia, como producto del proyecto bajo consideración, por lo general, a estas metodologías se les reconoce como:

a. Enfoque Excedente del Productor.
b. Enfoque Excedente del Consumidor
c. Enfoque Excedente del Consumidor

Para cuantificar los beneficios derivados de las inversiones viales en vías existentes y donde el nivel de actividad económica es sustancial, el análisis más usado es el de las economías para los usuarios, que se basa en la demanda de transporte.

En estos casos, la demanda de transporte refleja el nivel de actividad económica justificando las mejoras del camino. El beneficio más directo se debe a la mejora o rehabilitación de la carretera, y, por consiguiente, el de mayor importancia, es la disminución en los costos de operación vehicular. Los costos de operación de vehicular que se calculan corresponden a los de transitar por la vía en la condición actual, y los que se tendrían, al realizarse las mejoras propuestas, estas diferencias en los costos representan ahorros en los costos de recorrido y los ahorros de tiempo de viaje debido al incremento de la velocidad.

De lo anterior se concluye que la metodología del *Excedente del Consumidor* se fundamenta en la cuantificación de las economías para los usuarios de las carreteras y obviamente es adecuada en los casos que el tráfico normal es considerable, y, por consiguiente, las economías en los costos de transporte constituyen una medida confiable de los beneficios del proyecto.

En síntesis, en el presente estudio de factibilidad se ha aplicado un *Enfoque del Excedente del Consumidor*, es decir, para la evaluación solo se ha tomado en cuenta los beneficios del consumidor y se han excluido los beneficios exógenos en la evaluación económica. Los beneficios cuantificados están relacionados al tráfico y los ahorros que este tiene en los costos de operación con la mejora del eje vial. La cuantificación de los incrementos de la producción agrícola y pecuaria que se desarrolla en el área de influencia del proyecto se hizo para cuantificar los volúmenes de carga para fines de diseño, y para dejar constancia de que se hizo este cálculo, el cual ha utilizado para cuantificar el Valor Agregado.

Se empleó el Modelo HDM-4 Versión 2.10, para evaluar las Alternativas Mezcla Asfáltica y el Concreto Losas Cortas

Para caracterizar social y económicamente la zona de influencia del proyecto, se visitaron instituciones de gobierno, tales como: MAG, INTA, Alcaldías Municipales, así como las delegaciones del SILAIS y MINED, con el fin de solicitar información socioeconómica y estadísticas de salud y educación que éstos generan y que son de acceso público. También se entrevistó a líderes del Poder Ciudadano, Asociaciones Gremiales que manejan información relacionada a la zona y estudios económicos. Ver fotos en anexos.

El potencial económico de la zona del proyecto se determinó aplicando una Encuesta Socioeconómica. Para ello, se elaboró un cuestionario, conteniendo preguntas abiertas y cerradas sobre las actividades que se desarrollan en el área del proyecto. La encuesta socioeconómica en el área de influencia se realizó en mes de julio de 2024. Para el levantamiento de los datos trabajó un equipo compuesto por 4 personas, 1 Supervisor y 3 Enumeradores. Durante estos días se logró entrevistar a 60 productores.

Para el procesamiento de la encuesta se utilizó el *Software SPSS V19 para Windows*. Primero, se diseñó el programa de captura de los datos, luego se codificaron, ingresaron y verificaron los datos de cada instrumento (cuestionario), teniendo como resultado, las tablas de salida.

Los resultados de las encuestas se utilizaron como insumo para proyectar áreas, rendimientos, excedente comercializable. Además, se usaron como referencia, para la elaboración de los costos y serie de precios. En los capítulos siguientes se amplía con más detalle sobre estos temas, y en el Archivo de Excel, *"Proyecciones Económicas",* se presenta una pestaña conteniendo las tablas de salida con los resultados de las encuestas.

4.4.2.2.2 Resultados de la Evaluación Económica (Cuadro Resumen)

Al análisis de la inversión del proyecto, que culmina con la evaluación económica, antecedieron la determinación de los costos e ingresos para la situación Sin y Con proyecto para la obtención del Flujo Incremental.

El análisis de rentabilidad se ha hecho considerando dos alternativas de construcción y para 3 horizontes de vida (10, 15 y 20 años), debido a que los proyectos de carretera deben evaluarse a largo plazo[16], con tasas del 8% y 12%, siendo estas:

a) Mezcla Asfáltica
b) Concreto Losas Cortas

Los resultados se obtuvieron mediante el cálculo de los beneficios de tráfico y de mantenimiento, utilizando para las dos alternativas Mezcla Asfáltica y Concreto Losas Cortas.

La rentabilidad económica se realizó en base a los costos y beneficios del proyecto. El flujo económico del proyecto contempla como beneficios económicos, el ahorro en los costos de operación vehicular, el ahorro en los tiempos de viaje. Y, como beneficios exógenos, el Valor Residual. Los Ingresos Marginales Agropecuarios no se tomaron en cuenta en el análisis.

[16]Se determinará la rentabilidad del tramo, en la alternativa a ser estudiada para tres periodos de vida útil (10,15 y 20 años), con el objetivo de conocer si en esos periodos, el proyecto recupera la inversión proyectada, en función de los costos constructivos diseñados de acuerdo con el último volumen de tráfico proyectado al final del horizonte de planeamiento del proyecto.

Se empleó el Modelo HDM-4 Versión 2.10, para evaluar las Alternativas utilizando para las tres alternativas Mezcla Asfáltica y Concreto Losas Cortas, en horizontes de vida (10, 15 y 20 años) con tasas del 8% y 12%. A continuación, se muestra el resumen de los resultados obtenidos en el tramo en estudio y el detalle para cada horizonte.

Tabla 174. Horizonte de Evaluación 20 años: Tasa 12%

PARAMETROS	ASFALTO			CONCRETO HIDRAULICO LOSAS CORTAS		
	15 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS
VAN US$	0.316	-0.133	1.177	8.406	8.613	6.203
TIR (%)	12.3%	11.9%	10.7%	18.5%	18.4%	17.8%
R B/C	1.02	0.99	0.92	1.55	1.53	1.46
FUENTE: HDM-4.						

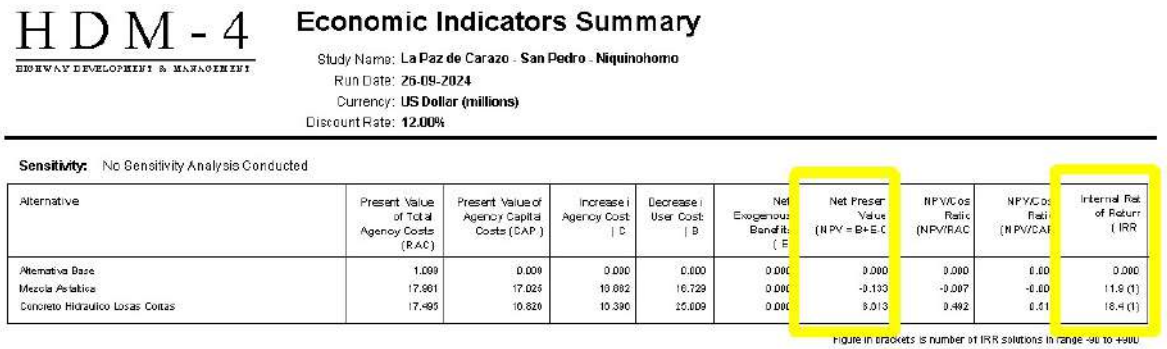
En el horizonte de vida de 20 años, el Valor Actual Neto para la Alternativa Asfalto Base VAN =US$-0.133 millones; para el Concreto Hidráulico losas Cortas, VAN = US$ 8.613millones.

La Tasa Interna de Retorno para el Asfalto TIR = 11.9%, y para Concreto Hidráulico Losas Cortas, TIR = 18.4%. Mostrando lo anterior que el Concreto Hidráulico Losas Cortas es la alternativa que obtiene la mejor rentabilidad.

La Relación Beneficio Costo resultante fue la siguiente: para la Mezcla Asfalto, B/C = 0.99, y para el Concreto Losas Cortas losas Cortas =1.53 Confirmando estos resultados que el Concreto Hidráulico Losas Cortas es la alternativa que obtiene la mejor relación.

Basados en los resultados anteriores, la alternativa constructiva que presenta los mejores indicadores económicos es el Concreto Hidráulico Losas Cortas, por lo tanto, es la alternativa que se debe implementar en el proyecto de La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo.

Los resultados que arroja el Modelo HDM-4 para las alternativas Mezcla Asfalto, Concreto Hidráulico Convencional y Concreto Hidráulico Losas Cortas se muestra en las tablas siguientes:



HDM-4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Economic Indicators Summary

Study Name: La Paz de Carazo - San Pedro - Niquinohomo
Run Date: 26-09-2024
Currency: US Dollar (millions)
Discount Rate: 12.00%

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (PAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Cost (C	Decrease in User Cost (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Present Value (NPV = B+E-C	NPV/Cost Ratio (NPV/PAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rate of Return (IRR
Alternativa Base	1.009	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000
Mezcla Asfaltica	17.991	17.026	18.082	18.729	0.000	-0.193	-0.007	-0.00	11.9 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.495	16.829	18.390	25.009	0.000	8.013	0.492	0.01	18.4 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Figura 117. Horizonte de Evaluación 20 Años: Tasa 12%

Tabla 175. Resumen de los Resultados de Rentabilidad Económica del proyecto, evaluado a una tasa del 8%.

PARAMETROS	ASFALTO			CONCRETO HIDRAULICO LOSAS CORTAS		
	15 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS
VAN US$	.653	5.005	2.802	17.528	18.600	12.889
TIR (%)	12.30%	11.09%	10.70%	18.50%	18.40%	17.80%
R B/C	1.34	1.29	1.17	2.22	2.18	2.04

FUENTE: HDM-4.

En el horizonte de vida de 20 años, el Valor Actual Neto para la Alternativa Asfalto Base VAN =US$ 5.005 millones; y para el Concreto Hidráulico Losas Cortas, VAN = US$ 18.600millones.

La Tasa Interna de Retorno para el Asfalto TIR = 11.09%, y para Concreto Hidráulico Losas Cortas, TIR = 18.40%. Mostrando lo anterior que el Concreto Hidráulico Losas Cortas es la alternativa que obtiene la mejor rentabilidad.

La Relación Beneficio Costo resultante fue la siguiente: para la Mezcla Asfalto, B/C = 1.29, y para el Concreto Losas Cortas losas Cortas =2.18 Confirmando estos resultados que el Concreto Hidráulico Losas Cortas es la alternativa que obtiene la mejor relación.

Basados en los resultados anteriores, la alternativa constructiva que presenta los mejores indicadores económicos es el Concreto Hidráulico Losas Cortas, por lo tanto, es la alternativa que se debe implementar en la ampliación del Tramo La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo.

Los resultados que arroja el Modelo HDM-4 para las alternativas Mezcla Asfáltica, Concreto Convencional y Concreto Hidráulico Losas Cortas se muestra en las tablas siguientes:

Figura 118. Horizonte de Evaluación 20 Años: Tasa 8%

HDM-4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Economic Indicators Summary

Study Name: La Paz de Carazo - San Pedro - Niquinohomo
Run Date: 26-09-2024
Currency: US Dollar (millions)
Discount Rate: 8.00%

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (PAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Cost (C	Decrease in User Cost (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Present Value (NPV = B+E-C	NPV/Cost Ratio (NPV/PAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rate of Return (IRR
Alternativa Base	1.470	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mezcla Asfaltica	18.625	17.348	17.154	22.160	0.000	5.005	0.269	0.289	11.9 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.144	16.228	16.674	34.274	0.000	18.600	1.085	1.146	19.4 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -100 to +1000

4.4.2.2.3 Beneficios del Proyecto

El flujo de beneficios del proyecto está conformado por los beneficios derivados de los ahorros de los costos de operación vehicular y tiempos de viaje que tendrán los usuarios, así como el ahorro en los costos de mantenimiento. Dentro de los costos, se ha considerado los costos de mantenimiento de la carretera y los costos de construcción y supervisión para la situación Con proyecto.

4.4.2.2.4 Valor Residual:

El otro rubro que se integró como beneficio, fue el Valor Residual de la Carretera al final de los 20 años, el cual se estimó para cada una de las alternativas así: Mezcla Asfalto es 30% y Concreto losas Cortas 70%. La estimación de este porcentaje está basada en la durabilidad de las obras y de los tiempos de reposición de estas. El concreto hidráulico tiene un valor residual mayor que el asfalto.

4.4.2.2.5 Flujo de Beneficios y Costos

Ya hemos explicado que el flujo de beneficios del proyecto está conformado por los beneficios derivados de los Ahorros en los Costos de Operación Vehicular (COV) y Ahorros en los Costos de Tiempos de Viaje, así como los Ahorros en los Costos de Mantenimiento. Los costos están conformados por los costos de construcción, los costos de supervisión y los costos de mantenimiento de la carretera para la situación con proyecto.

Se han elaborado los flujos marginales que resultan de la diferencia entre los beneficios de la situación con proyecto (que incluyen, los ahorros en los costos de operación vehicular, los ahorros por mantenimiento y el valor residual) y los ingresos de la situación sin proyecto. De igual manera, se hizo con los costos, resultando de la diferencia entre ambos, el Flujo de Beneficios Netos Marginales.

Figura 119. Alternativa Asfalto 20 Años al 12 %

Section:
Alternative:

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: Road Class: Primaria o troncal

Length: Width: Rise+Fall: Curvature:

Year	Increase in Road Agency Costs				Savings in Road User Costs							Net Social / Exogenous Benefits	Total Ingreso	Total Net Benefits
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Total Costo	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic			Accident Cost Reduction			
					MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation				
2026	2.195	-0.050	0.000	2.145	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.145
2027	5.580	-0.050	0.000	5.530	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.106	-5.636
2028	13.026	0.074	0.000	13.100	-0.423	-2.943	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.368	-16.469
2029	0.000	0.075	0.000	0.075	0.212	4.118	0.000	0.031	0.373	0.000	0.000	0.000	4.734	4.659
2030	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.222	3.780	0.000	0.032	0.381	0.000	0.000	0.000	4.415	4.763
2031	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.227	3.683	0.000	0.033	0.394	0.000	0.000	0.000	4.338	4.267
2032	0.000	0.075	0.000	0.075	0.128	3.305	0.000	0.028	0.444	0.000	0.000	0.000	3.906	3.831
2033	0.044	0.075	0.000	0.118	0.249	3.298	0.000	0.036	0.457	0.000	0.000	0.000	4.041	3.923
2034	0.000	0.075	0.000	0.075	0.308	3.144	0.000	0.037	0.468	0.000	0.000	0.000	3.956	3.884
2035	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.292	2.890	0.000	0.040	0.484	0.000	0.000	0.000	3.596	3.854
2036	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.340	2.373	0.000	0.041	0.494	0.000	0.000	0.000	3.247	3.176
2037	0.000	0.075	0.000	0.075	0.254	2.314	0.000	0.035	0.511	0.000	0.000	0.000	3.114	3.039
2038	0.044	0.075	0.000	0.118	0.352	1.956	0.000	0.044	0.527	0.000	0.000	0.000	2.879	2.761
2039	0.000	0.075	0.000	0.075	0.357	1.401	0.000	0.046	0.543	0.000	0.000	0.000	2.347	2.272
2040	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.425	1.175	0.000	0.048	0.558	0.000	0.000	0.000	2.206	2.554
2041	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.401	0.799	0.000	0.051	0.616	0.000	0.000	0.000	1.866	1.795
2042	0.000	0.075	0.000	0.075	0.293	0.265	0.000	0.045	0.633	0.000	0.000	0.000	1.237	1.162
2043	0.044	0.075	0.000	0.118	0.423	-0.104	0.000	0.056	0.656	0.000	0.000	0.000	1.031	0.913
2044	0.000	0.075	0.000	0.075	0.415	-0.743	0.000	0.059	0.680	0.000	0.000	0.000	0.410	0.335
2045	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.476	-1.319	0.000	0.061	0.699	0.000	0.000	0.000	-0.083	0.266
2046	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.467	-1.871	0.000	0.064	0.723	0.000	0.000	0.000	-0.616	-0.686
2047	-6.242	0.075	0.000	-6.167	0.297	-2.595	0.000	0.057	0.749	0.000	0.000	0.000	-1.492	4.675
Total:	14.675	-0.300	0.000	14.374	5.609	24.728	0.000	0.841	10.391	0.000	0.000	0.000	41.569	27.195

Indicadores	Total
VAN	-0.133
TIR	11.9%
VAN INGRES	16.729
VAN EGRES	16.862
R C/B	0.99

Figura 120. Alternativa Concreto Losas Cortas 20 Años al 12 %

Section:
Alternative:

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: Road Class: Primaria o troncal

Length: Width: Rise+Fall: Curvature:

Year	Increase in Road Agency Costs				Savings in Road User Costs							Net Social / Exogenous Benefits	Total Ingreso	Total Net Benefits
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Total Costo	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic			Accident Cost Reduction			
					MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation				
2026	2.278	-0.050	0.000	2.227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.227
2027	5.789	-0.050	0.000	5.739	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.106	-5.845
2028	13.514	-0.020	0.000	13.493	-0.423	-2.943	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.368	-16.861
2029	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.162	5.195	0.000	0.028	0.428	0.000	0.000	0.000	5.813	5.833
2030	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.170	4.899	0.000	0.030	0.438	0.000	0.000	0.000	5.537	5.701
2031	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.174	4.849	0.000	0.031	0.453	0.000	0.000	0.000	5.507	5.531
2032	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.073	4.518	0.000	0.026	0.510	0.000	0.000	0.000	5.127	5.147
2033	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.192	4.567	0.000	0.034	0.525	0.000	0.000	0.000	5.318	5.338
2034	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.245	4.463	0.000	0.035	0.538	0.000	0.000	0.000	5.281	5.301
2035	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.225	4.068	0.000	0.037	0.556	0.000	0.000	0.000	4.886	5.050
2036	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.271	3.811	0.000	0.038	0.567	0.000	0.000	0.000	4.687	4.711
2037	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.182	3.814	0.000	0.032	0.587	0.000	0.000	0.000	4.615	4.635
2038	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.276	3.526	0.000	0.041	0.606	0.000	0.000	0.000	4.449	4.469
2039	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.276	3.040	0.000	0.043	0.624	0.000	0.000	0.000	3.982	4.002
2040	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.339	2.890	0.000	0.045	0.641	0.000	0.000	0.000	3.915	4.079
2041	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.311	2.591	0.000	0.047	0.707	0.000	0.000	0.000	3.656	3.680
2042	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.199	2.141	0.000	0.041	0.728	0.000	0.000	0.000	3.109	3.129
2043	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.324	1.863	0.000	0.052	0.754	0.000	0.000	0.000	2.992	3.013
2044	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.307	1.317	0.000	0.054	0.781	0.000	0.000	0.000	2.460	2.480
2045	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.362	0.842	0.000	0.057	0.802	0.000	0.000	0.000	2.063	2.227
2046	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.347	0.393	0.000	0.059	0.831	0.000	0.000	0.000	1.630	1.654
2047	-15.109	-0.020	0.000	-15.129	0.170	-0.222	0.000	0.051	0.860	0.000	0.000	0.000	0.860	15.989
Total:	6.460	-1.086	0.000	5.375	4.075	55.623	0.000	0.779	11.935	0.000	0.000	0.000	72.412	67.037

Indicadores	Total
VAN	8.613
TIR	18.4%
VAN INGRES	25.009
VAN EGRES	16.396
R C/B	1.53

4.4.2.2.6 Análisis de Sensibilidad

Para conocer la sensibilidad del proyecto, regularmente se analizan tres variables con un total de nueve escenarios, a fin de conocer a cuál de ellos, y en qué porcentaje, es más sensible el proyecto; este análisis se hizo desde el punto de vista económico. Los escenarios analizados fueron los siguientes.

- ✓ + 10% en Costos
- ✓ + 20% en Costos
- ✓ + 25% en Costos
  - 10% en Beneficios
  - 20% en Beneficios
  - 25% en Beneficios
- ✓ + -10% en Costos & Beneficios
- ✓ + -20% en Costos & Beneficios
- ✓ + -25% en Costos & Beneficios

Para realizar este análisis, también se recurrió al uso de ambos modelos. A continuación, se presenta los resultados proporcionados estos modelos. Para tal efecto, se modularon ambos programas, obteniendo los resultados de sensibilidad económica en los diferentes escenarios del proyecto.

4.4.2.2.7 Análisis de Sensibilidad, Resultados del HDM-4

4.4.2.2.7.1 Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 12%

Los resultados de la sensibilidad que proyecta el Modelo HDM-4 para las alternativas Mezcla Asfalto, Concreto Hidráulico Convencional y Concreto Hidráulico Losas Cortas en los escenarios críticos fueron:

HDM - 4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Economic Indicators Summary

Study Name: **La Paz de Carazo - San Pedro - Niquinohomo**
Run Date: **26-09-2024**
Currency: **US Dollar (millions)**
Discount Rate: **12.00%**

Sensitivity: +-10% Beneficio & Costos

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase i Agency Cost: (C	Decrease i User Cost: (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Preser Value (NPV = B+E-(	NPV/Cos Ratic (NPV/RAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rat of Returr (IRR
Alternativa Base	1.099	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mezcla Asfaltica	17.961	17.025	18.548	15.056	0.000	-3.492	-0.194	-0.205	8.8 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.495	16.826	18.036	22.508	0.000	4.472	0.256	0.266	15.1 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Sensitivity: +- 20% Costos & Beneficio

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase i Agency Cost: (C	Decrease i User Cost: (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Preser Value (NPV = B+E-(	NPV/Cos Ratic (NPV/RAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rat of Returr (IRR
Alternativa Base	1.099	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mezcla Asfaltica	17.961	17.025	20.234	13.383	0.000	-6.851	-0.381	-0.402	6.1 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.495	16.826	19.676	20.007	0.000	0.332	0.019	0.020	12.2 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Sensitivity: +-25% Costos & Beneficios

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase i Agency Cost: (C	Decrease i User Cost: (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Preser Value (NPV = B+E-(	NPV/Cos Ratic (NPV/RAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rat of Returr (IRR
Alternativa Base	1.099	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mezcla Asfaltica	17.961	17.025	21.077	12.547	0.000	-8.530	-0.475	-0.501	4.8 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.495	16.826	20.495	18.757	0.000	-1.739	-0.099	-0.103	10.9 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Figura 121. Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 12%

4.4.2.2.7.2 Alternativa Mezcla Asfalto:

En el horizonte de evaluación (20 años), se observa que: al combinar en ±10% Costos & Beneficios, VAN = -3.492; TIR = 8.8%; al combinar en un ±20% Costos & Beneficios, VAN =-6.851; TIR = 6.1%, siendo esta la condición extrema, y al combinar en un ±25% Costos & Beneficios, VAN =-8.530; TIR = 4.8%.

4.4.2.2.7.3 Alternativa: Concreto Hidráulico Losas Cortas

En el horizonte de evaluación (20 años), se observa que: al combinar en un ± 10% Beneficios & Costos, VAN = 4.472; TIR = 15.1%, al combinar en un ± 20% Beneficios & Costos, VAN =0.332 TIR =12.2%, siendo esta la condición extrema, y al combinar en un ± 25% Costos & Beneficios, VAN = -1.739; TIR = 10.9%

En resumen, la Alternativa Concreto Hidráulico Losas Cortas en los tres escenarios críticos, la TIR supera la tasa de corte del 12%.

Figura 122. Alternativa Asfalto 20 Años al 8 %

Section:
Alternative:

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: Road Class: Primaria o troncal

Length: Width: Rise+Fall: Curvature:

Year	Increase in Road Agency Costs				Savings in Road User Costs							Net Social /		Total Net
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Total Costo	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic			Accident Cost Reduction	Exogenous Benefits	Total Ingreso	Benefits
					MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation				
2026	2.195	-0.050	0.000	2.145	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.145
2027	5.580	-0.050	0.000	5.530	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.106	-5.636
2028	13.026	0.074	0.000	13.100	-0.423	-2.943	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.368	-16.469
2029	0.000	0.075	0.000	0.075	0.212	4.118	0.000	0.031	0.373	0.000	0.000	0.000	4.734	4.659
2030	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.222	3.780	0.000	0.032	0.381	0.000	0.000	0.000	4.415	4.763
2031	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.227	3.683	0.000	0.033	0.394	0.000	0.000	0.000	4.338	4.267
2032	0.000	0.075	0.000	0.075	0.128	3.305	0.000	0.028	0.444	0.000	0.000	0.000	3.906	3.831
2033	0.044	0.075	0.000	0.118	0.249	3.298	0.000	0.036	0.457	0.000	0.000	0.000	4.041	3.923
2034	0.000	0.075	0.000	0.075	0.308	3.144	0.000	0.037	0.468	0.000	0.000	0.000	3.958	3.884
2035	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.292	2.690	0.000	0.040	0.484	0.000	0.000	0.000	3.506	3.854
2036	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.340	2.373	0.000	0.041	0.494	0.000	0.000	0.000	3.247	3.176
2037	0.000	0.075	0.000	0.075	0.254	2.314	0.000	0.035	0.511	0.000	0.000	0.000	3.114	3.039
2038	0.044	0.075	0.000	0.118	0.352	1.956	0.000	0.044	0.527	0.000	0.000	0.000	2.879	2.761
2039	0.000	0.075	0.000	0.075	0.357	1.401	0.000	0.046	0.543	0.000	0.000	0.000	2.347	2.272
2040	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.425	1.175	0.000	0.048	0.558	0.000	0.000	0.000	2.206	2.554
2041	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.401	0.799	0.000	0.051	0.616	0.000	0.000	0.000	1.866	1.795
2042	0.000	0.075	0.000	0.075	0.293	0.265	0.000	0.045	0.633	0.000	0.000	0.000	1.237	1.162
2043	0.044	0.075	0.000	0.118	0.423	-0.104	0.000	0.056	0.656	0.000	0.000	0.000	1.031	0.913
2044	0.000	0.075	0.000	0.075	0.415	-0.743	0.000	0.059	0.680	0.000	0.000	0.000	0.410	0.335
2045	0.000	-0.348	0.000	-0.348	0.476	-1.319	0.000	0.061	0.699	0.000	0.000	0.000	-0.083	0.266
2046	-0.004	0.075	0.000	0.071	0.467	-1.871	0.000	0.064	0.723	0.000	0.000	0.000	-0.616	-0.686
2047	-6.242	0.075	0.000	-6.167	0.297	-2.595	0.000	0.057	0.749	0.000	0.000	0.000	-1.492	4.675
Total:	14.675	-0.300	0.000	14.374	5.609	24.728	0.000	0.841	10.391	0.000	0.000	0.000	41.569	27.195

Indicadores	Total
VAN	5.005
TIR	11.9%
VAN INGRES	22.160
VAN EGRES	17.154
R C/B	1.29

Figura 123. Alternativa Concreto Losas Cortas 20 Años Al 8 %

Section:
Alternative:

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: Road Class: Primaria o troncal

Length: Width: Rise+Fall: Curvature:

Year	Increase in Road Agency Costs				Savings in Road User Costs							Net Social /		Total Net
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Total Costo	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic			Accident Cost Reduction	Exogenous Benefits	Total Ingreso	Benefits
					MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation				
2026	2.278	-0.050	0.000	2.227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.227
2027	5.789	-0.050	0.000	5.739	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.106	-5.845
2028	13.514	-0.020	0.000	13.493	-0.423	-2.943	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.368	-16.861
2029	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.162	5.195	0.000	0.028	0.428	0.000	0.000	0.000	5.813	5.833
2030	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.170	4.899	0.000	0.030	0.438	0.000	0.000	0.000	5.537	5.701
2031	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.174	4.849	0.000	0.031	0.453	0.000	0.000	0.000	5.507	5.531
2032	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.073	4.518	0.000	0.026	0.510	0.000	0.000	0.000	5.127	5.147
2033	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.192	4.567	0.000	0.034	0.525	0.000	0.000	0.000	5.318	5.338
2034	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.245	4.463	0.000	0.035	0.538	0.000	0.000	0.000	5.281	5.301
2035	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.225	4.068	0.000	0.037	0.556	0.000	0.000	0.000	4.886	5.050
2036	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.271	3.811	0.000	0.038	0.567	0.000	0.000	0.000	4.687	4.711
2037	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.182	3.814	0.000	0.032	0.587	0.000	0.000	0.000	4.615	4.635
2038	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.276	3.526	0.000	0.041	0.606	0.000	0.000	0.000	4.449	4.469
2039	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.276	3.040	0.000	0.043	0.624	0.000	0.000	0.000	3.982	4.002
2040	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.339	2.890	0.000	0.045	0.641	0.000	0.000	0.000	3.915	4.079
2041	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.311	2.591	0.000	0.047	0.707	0.000	0.000	0.000	3.656	3.680
2042	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.199	2.141	0.000	0.041	0.728	0.000	0.000	0.000	3.109	3.129
2043	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.324	1.863	0.000	0.052	0.754	0.000	0.000	0.000	2.992	3.013
2044	0.000	-0.020	0.000	-0.020	0.307	1.317	0.000	0.054	0.781	0.000	0.000	0.000	2.460	2.480
2045	0.000	-0.164	0.000	-0.164	0.362	0.842	0.000	0.057	0.802	0.000	0.000	0.000	2.063	2.227
2046	-0.004	-0.020	0.000	-0.024	0.347	0.393	0.000	0.059	0.831	0.000	0.000	0.000	1.630	1.654
2047	-15.109	-0.020	0.000	-15.129	0.170	-0.222	0.000	0.051	0.860	0.000	0.000	0.000	0.860	15.989
Total:	6.460	-1.086	0.000	5.375	4.075	55.623	0.000	0.779	11.935	0.000	0.000	0.000	72.412	67.037

Indicadores	Total
VAN	18.600
TIR	18.4%
VAN INGRES	34.274
VAN EGRES	15.674
R C/B	2.19

4.4.2.2.8 Análisis de Sensibilidad, Resultados del HDM-4

4.4.2.2.8.1 Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 8%

Los resultados de la sensibilidad que ofrece el Modelo HDM-4 en los mismos escenarios fueron:

Figura 124. Horizonte de Evaluación 20 Años, Tasa 8%

HDM-4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Economic Indicators Summary

Study Name: **La Paz de Carazo - San Pedro - Niquinohomo**
Run Date: **27-09-2024**
Currency: **US Dollar (millions)**
Discount Rate: **8.00%**

Sensitivity: +-10% Beneficio & Costos

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (PAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Cost (C	Decrease in User Cost (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Present Value (NPV = B+E-C	NPV/Cost Ratio (NPV/PAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rate of Return (IRR
Alternativa Base	1.470	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mezcla Asfaltica	18.625	17.348	18.870	19.944	0.000	1.074	0.058	0.062	8.8 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.144	16.228	17.242	30.847	0.000	13.605	0.794	0.838	15.1 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Sensitivity: +- 20% Costos & Beneficio

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (PAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Cost (C	Decrease in User Cost (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Present Value (NPV = B+E-C	NPV/Cost Ratio (NPV/PAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rate of Return (IRR
Alternativa Base	1.470	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mezcla Asfaltica	18.625	17.348	20.585	17.728	0.000	-2.858	-0.153	-0.165	6.1 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.144	16.228	18.809	27.419	0.000	8.610	0.502	0.531	12.2 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Sensitivity: +-25% Costos & Beneficios

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (PAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Cost (C	Decrease in User Cost (B	Net Exogenous Benefits (E	Net Present Value (NPV = B+E-C	NPV/Cost Ratio (NPV/PAC	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP	Internal Rate of Return (IRR
Alternativa Base	1.470	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mezcla Asfaltica	18.625	17.348	21.443	16.620	0.000	-4.823	-0.259	-0.278	4.8 (1)
Concreto Hidraulico Losas Cortas	17.144	16.228	19.593	25.706	0.000	6.113	0.357	0.377	10.9 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

4.4.2.2.8.2 Alternativa Mezcla Asfalto:

En el horizonte de evaluación (20 años), se observa que: al combinar en ±10% Costos & Beneficios, VAN = 1.074.200; TIR = 8.8%; al combinar en un ±20% Costos & Beneficios, VAN =-2.858; TIR = 6.1%, siendo esta la condición extrema, y al combinar en un ±25% Costos & Beneficios, VAN =-4.823; TIR = 4.8%.

4.4.2.2.8.3 Alternativa: Concreto Hidráulico Losas Cortas

En el horizonte de evaluación (20 años), se observa que: al combinar en un ± 10% Beneficios & Costos, VAN =13.605 TIR = 15.1%, al combinar en un ± 20% Beneficios & Costos, VAN =8.610 TIR =12.2%, siendo esta la condición extrema, y al combinar en un ± 25% Costos & Beneficios, VAN =6.113; TIR = 10.9%

En resumen, la Alternativa Concreto Hidráulico Losas Cortas en dos escenarios críticos, la TIR supera la tasa de corte del 12%.

Es claro el análisis de sensibilidad al confirmar que la alternativa constructiva Concreto Hidráulico Losas Cortas es la superficie de rodamiento que más conviene al interés común de la población de las comunidades que están asentadas en el área de influencia del proyecto, así como para el municipio involucrado.

4.4.2.2.9 Análisis del Momento Óptimo.

4.4.2.2.9.1 Análisis del Momento Óptimo: Tasa 12%

Este análisis se hace con el objetivo de conocer qué pasa si se posterga la construcción del Tramo carretera La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. En este caso, se ha ensayado posponer la inversión un año, produciendo como resultados un VAN y una TIR superior, indicando esto que el Momento Óptimo de la construcción de este tramo es el año en que está planificada su construcción.

En el tramo en estudio, si el proyecto es desarrollado en la situación inicial, el resultado a los 20 años, el VAN = US$ 8.61Millones y una TIR de 18.4 %. Si la ejecución del proyecto se posterga un año, los resultados de TRI sugieren que el proyecto tiene como momento óptimo el año 2026, superando ampliamente la tasa de descuento. La tabla a continuación refleja estos resultados.

Figura 125. Análisis del Momento Óptimo: Tasa 8%

ANALISIS DEL MOMENTO OPTIMO DE LA INVERSION				
AÑOS	FLUJO DE BENEFICIOS	INVERSION	BENEFICIOS	TRI= BN/INV
2026	-2.23			
2027	-5.84	-2.23	-5.84	-78%
2028	-16.86	-5.22	-16.86	-226%
2029	5.83	-7.45	5.83	78%
2030	5.70		5.70	77%
2031	5.53		5.53	74%
2032	5.15		5.15	69%
2033	5.34		5.34	72%
2034	5.30		5.30	71%
2035	5.05		5.05	68%
2036	4.71		4.71	63%
2037	4.64		4.64	62%
2038	4.47		4.47	60%
2039	4.00		4.00	54%
2040	4.08		4.08	55%
2041	3.68		3.68	49%
2042	3.13		3.13	42%
2043	3.01		3.01	40%
2044	2.48		2.48	33%
2045	2.23		2.23	30%
2046	1.65		1.65	22%
2047	15.99		15.99	36%
		VAN	C$12.14	
		I-VAN	1.63054217	

Este análisis se hace con el objetivo de conocer qué pasa si se posterga la construcción del Tramo carretera La Paz Carazo San Pedro Niquinohomo. En este caso, se ha ensayado posponer la inversión un año, produciendo como resultados un VAN y una TIR menor, indicando esto que el Momento Óptimo de la construcción de este tramo es el año en que está planificada su construcción.

En el tramo en estudio, si el proyecto es desarrollado en la situación inicial, el resultado a los 20 años, el VAN = US$ 18.6 millones y TIR = 18.4. Si la ejecución del proyecto se posterga un año, el TRI presenta valores superiores a tasa de descuento de 8%, por lo por lo que se concluye que el momento óptimo del proyecto es el año 2026. La tabla a continuación refleja estos resultados.

Figura 126. Análisis del Momento Óptimo de la Inversión

ANALISIS DEL MOMENTO OPTIMO DE LA INVERSION				
AÑOS	FLUJO DE BENEFICIOS	INVERSION	BENEFICIOS	TRI= BN/INV
2026	-2.23			
2027	-5.84	-2.23	-5.84	-77%
2028	-16.86	-5.41	-16.86	-221%
2029	5.83	-7.64	5.83	76%
2030	5.70		5.70	75%
2031	5.53		5.53	72%
2032	5.15		5.15	67%
2033	5.34		5.34	70%
2034	5.30		5.30	69%
2035	5.05		5.05	66%
2036	4.71		4.71	62%
2037	4.64		4.64	61%
2038	4.47		4.47	59%
2039	4.00		4.00	52%
2040	4.08		4.08	53%
2041	3.68		3.68	48%
2042	3.13		3.13	41%
2043	3.01		3.01	39%
2044	2.48		2.48	32%
2045	2.23		2.23	29%
2046	1.65		1.65	22%
2047	15.99		15.99	35%
		VAN	C$22.49	
		I-VAN	2.94	

Tabla 176. Tabla Comparativa: Mezcla Asfáltica, Concreto Hidráulico con Losas Cortas y Losas Convencionales

Criterio	Mezcla Asfáltica	Concreto Hidráulico con Losas Cortas	Concreto Hidráulico con Losas Convencionales
Costo de Construcción Inicial	Más Bajo: $24,518,993.73	Más Alto: $23,553,403.02	Más Alto: $26,000,000 (aproximado)
Costo de Supervisión	Similar: $2,250,870.02	Similar: $2,250,870.02	Similar: $2,250,870.02
Costo Total por km	Más Alto: $2,511,244.25	Más Bajo: $2,420,663.51	Más Bajo: $2,350,000
Durabilidad (Vida útil)	Menor: 10-15 años, requiere repavimentación frecuente	Mayor: 20+ años, alta resistencia a las cargas y clima	Mayor: 20+ años, alta resistencia a las cargas y clima
Costo de Mantenimiento Anual	Mucho Más Alto: $23,613,499.30 en 20 años	Más Bajo: $3,130,169.67 en 20 años	Similar: $3,500,000 en 20 años
Frecuencia de Mantenimiento	Alta: Necesita repavimentación cada 5-7 años	Baja: Requiere poco mantenimiento, especialmente a partir del 5to año	Baja: Requiere menos intervenciones por su robustez
Costo de Mantenimiento por km	Más Alto: $2,024,762.12 por km	Más Bajo: $1,951,728.82 por km	Más Bajo: $1,800,000 por km
Valor Residual (después de 20 años)	Menor: 30% del valor original	Mayor: 70% del valor original	Mayor: 70% del valor original
Rentabilidad Económica (VAN)	Negativo o Bajo: VAN = -$0.133 millones en 20 años a 12%	Positivo y Alto: VAN = $8.613 millones en 20 años a 12%	Positivo: VAN ≈ $6-8 millones en 20 años a 12%
Tasa Interna de Retorno (TIR)	Menor: 11.9%	Mayor: 18.4%	Intermedia: Aproximadamente 15-17%
Relación Beneficio-Costo (B/C)	Menor: 0.99 a 1.02	Más Alta: 1.53	Más Alta: 1.46
Impacto Ambiental	Más Alto: Requiere más recursos y energía para mantenimiento	Menor: Menor frecuencia de mantenimiento reduce el impacto	Menor: Similar al Concreto con Losas Cortas
Tiempo de Ejecución de Obra	Más Rápido: Aprox. 12-15 meses	Más Lento: Aprox. 18-24 meses	Similar: Aprox. 18-24 meses

4.4.2.2.10 Conclusiones

El Gobierno de Nicaragua tiene como objetivo mejorar la eficiencia del transporte terrestre para caminos en Nicaragua, con el fin de estimular la actividad económica y mejorar el bienestar de la población, facilitar la integración de las diferentes regiones del país con el resto de Centroamérica, así como garantizar la conectividad.

La mejora del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. Es de mucha importancia para los municipios del pacifico Sur del país y resto de municipios del área de influencia del proyecto por su conexión intermunicipal y porque une los municipios antes mencionados, pero también lo es para las comunidades que utilizan esta vía.

En el tramo en estudio es esencialmente de Todo Tiempo, con algunos sectores, para garantizar la conectividad, se han construido tramos de adoquín, en otros, es considerado como un Camino de Estación Seca, aumentando los costos de operación vehicular, los costos en los tiempos de viaje, aumento que repercute en la comercialización de la producción y en las actividades diarias de la población, incidiendo todo lo anterior en la dinamización, desarrollo económico y social de la población usuaria.

El impacto que tendrá el camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo se verá reflejado en un ahorro en los costos de transporte de la producción, en la reducción en los costos de operación vehicular y en los tiempos de viajes de los usuarios. Además, los productores obtendrán mayores ingresos al vender la producción de manera directa. El costo del transporte en la zona disminuirá, el traslado de los enfermos será más rápido, así como los viajes a la zona de influencia de.

En general, la mejora de este tramo de carretera traerá mejora en la calidad de vida de las comunidades asentadas a lo largo del eje vial y coadyuvará al desarrollo socioeconómico de la zona, al reducirse los costos de operación vehicular del transporte que circulará por la vía.

Se evaluó la mejora del tramo La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo se consideraron 2 alternativas de construcción: Mezcla Asfaltico y Concreto Losas Corta, con tasas del 8% y 12%. Económicamente a los 20 años, las dos alternativas muestran tasas de rendimiento por encima de la tasa de actualización del 12%. De acuerdo con estos resultados, la alternativa

que obtuvo los mejores indicadores de rentabilidad es el Concreto Hidráulico Losas Cortas, al mostrar un VAN = US$ 8.613 millones y una TIR = 18.4%.

En el otro escenario, al evaluar las dos alternativas a una tasa del 8%, económicamente a los 20 años las tres alternativas muestran una TIR por encima de la tasa de actualización del 8%. De las tres alternativas, la que obtuvo la mejor rentabilidad es el Concreto Hidráulico Losas Cortas mostrar un VAN = US$ 18.6 millones y TIR = 18.4%, superando ampliamente la tasa de descuento 8%.

Los resultados anteriores indican que la rentabilidad de la carretera La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo favorecen a la carpeta de rodamiento Concreto Hidráulico Losas Cortas en vez de la Mezcla Asfáltica cuyos resultados son menores. Con base a estos resultados, se ha seleccionado la alternativa Concreto Hidráulico Losas Cortas que es la que refleja los mejores resultados.

El Momento Óptimo refleja que el proyecto genera flujos positivos de fondos a partir del primer año de operación y durante el horizonte de vida, lo que indica que su recuperación de la inversión es segura.

4.4.2.2.11 Recomendaciones

Basados en los resultados obtenidos, el cual presenta rentabilidad económica y considerando congestión vehicular en la carretera, la que se acentúa en la época lluviosa y tomando en cuenta el interés que tiene el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional en resolver el deterioro y dificultades que presenta el tramo de carretera, se hará saber a las autoridades del MTI, que la alternativa Concreto Hidráulico Losas Cortas es viable al obtener una TIR = 18.4% y un VAN = US$ 8.6 millones. Al sensibilizar el proyecto, el escenario más crítico y que es de interés para las autoridades del MTI, es cuando se combina en ± 20 Beneficios & Costos, en este escenario Losas Cortas obtiene resultados positivos y satisfactorios, al alcanzar un VAN = US$ 0.332 millones y TIR = 12.2%, superando en ese escenario la tasa de descuento del 12%, la cual es recomendada por los Organismos Financieros Internacionales. Como el VAN resultante es positivo, eso significa que la inversión obtiene la tasa requerida del 12% y tiene esta suma como un extra.

Al evaluar el proyecto a una tasa de descuento del 8%, tasa que refleja el costo económico para la sociedad de acuerdo al SNIP, los resultados son satisfactorios para las dos alternativas a los 20 años, siendo la Concreto Hidráulico Losas Cortas la que registra los mejores resultados, por lo que se hará saber a las autoridades del MTI que la Concreto Hidráulico Losas Cortas es la que obtiene mejores resultados, la TIR =18.4.1% y VAN = US$18.6 millones, pero al sensibilizar en un ± 20 Beneficios & Costos, la Concreto Hidráulico Losas Cortas obtiene resultados positivos,

Al comparar los resultados de la evaluación con tasas del 8% y 12% en los diferentes escenarios (10, 15 y 20 años), el tramo La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo al evaluarlo a una tasa del 8%, el VAN obtenido es mayor que el obtenido al evaluar el tramo con una tasa del 12%, sin embargo, la TIR resultante es igual para ambos casos. Por tanto, se sugiere a las autoridades del MTI ampliar carretera con una capa de rodamiento de Concreto Hidráulico Losas Cortas, puesto que es la alternativa que presenta la mayor Tasa Interna de Retorno TIR = 18.4% en un horizonte de vida de 20 años.

Para garantizar la durabilidad de la obra, se recomienda dar el mantenimiento adecuado a la obra mejorada, a fin de evitar la pérdida del capital invertido.

Se recomienda establecer una política que sea parte integral en los programas del Gobierno de Nicaragua, sobre la temática de prevención en materia de mantenimiento de la Red Vial Nacional.

Se recomienda a los gobiernos locales que cuando elaboren los Planes de Inversión Municipal (PIM), incorporen en su presupuesto el costo de mantenimiento a las obras realizadas o hacer las gestiones ante el Gobierno Central, para no dejar que las obras se deterioren por falta de mantenimiento, sobre todo, en este tipo de vías tan importantes para la zona en estudio y para las comunidades asentadas en la zona de influencia.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

5.1. Introducción

El presente capítulo constituye el eje central de esta investigación, al integrar los hallazgos derivados de los estudios de prefactibilidad técnica, impacto social y ambiental, análisis de tráfico, seguridad vial, estudios geotécnicos, topográficos, estructurales e hidráulicos del proyecto de mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. En concordancia con los objetivos del estudio, se presenta una propuesta de intervención vial integral, que responde tanto a las necesidades técnicas de infraestructura como a las aspiraciones sociales, económicas y ambientales del área de influencia.

La propuesta se fundamenta en un enfoque sistémico y multidisciplinario, considerando criterios de sostenibilidad, equidad territorial, seguridad vial moderna, eficiencia operativa y resiliencia frente al cambio climático. Esta solución se diseña no solo como un conjunto de obras físicas, sino como una plataforma estructurante para el desarrollo local e intermunicipal.

5.2. Fundamentación técnica de la solución

La solución planteada se estructura a partir de los siguientes componentes estratégicos:

- **Diseño Geométrico con Enfoque de Sistema Seguro**: Se adapta la geometría vial a velocidades de diseño de 40 km/h en zonas urbanas y 60 km/h en zonas rurales, conforme a la NTON 12 012-20. Se prioriza la seguridad mediante radios de curvatura seguros, pendientes menores al 8 %, sobreanchos en curvas y visibilidad de parada optimizada. El diseño considera además criterios de tolerancia al error humano y reducción del impacto biomecánico ante colisiones.
- **Infraestructura para Usuarios Vulnerables**: Se integra un sistema de movilidad inclusivo con andenes de 1.5 m mínimo, cruces peatonales seguros y señalizados, ciclovías segregadas en los tramos urbanos y escolares, rampas de accesibilidad, y bahías de ascenso/descenso para transporte público. Estas medidas están sustentadas

en la caracterización del flujo peatonal, los conteos realizados y las zonas críticas de exposición.

- **Rediseño Estructural del Pavimento**: Se selecciona el concreto hidráulico con losas cortas como alternativa óptima por su alta durabilidad (más de 25 años), bajo mantenimiento, mejor comportamiento ante cargas pesadas y mayor retorno económico. Este diseño ha sido validado mediante el método AASHTO 93 ajustado por el MTI, considerando TPDA, ejes equivalentes, tipo de suelo (según estudio geotécnico), y nivel freático. Se justifica estructuralmente mediante la obtención del Número Estructural (SN), desviación estándar y confiabilidad del diseño.
- **Gestión del Tráfico y Capacidad Vial**: Las proyecciones de tráfico fueron modeladas con base en crecimiento logístico, exponencial y lineal, validado con datos históricos, variables socioeconómicas y conteos reales. El análisis de capacidad de la vía, mediante HCS y SIDRA, confirma la necesidad de reforzar los tramos de mayor carga y rediseñar intersecciones, garantizando un nivel de servicio (LOS) aceptable en los próximos 20 años.
- **Sistema de Drenaje Integral**: Se propone una red de drenaje longitudinal (cunetas revestidas) y transversal (alcantarillas de concreto y bóvedas hidráulicas), diseñadas con base en caudales pico calculados por el método racional, coeficientes de escorrentía ajustados al uso del suelo, y periodos de retorno de 10 y 25 años. Esta solución permite enfrentar eventos extremos con menor riesgo de socavaciones y daños estructurales.
- **Rediseño de Intersecciones y Paradas de Transporte Público**: Se intervienen las intersecciones de mayor complejidad mediante diseño canalizado, mejora en radios de giro y señalización. Se reubican o adecuan las paradas de bus, incluyendo bahías, cubiertas y conexión peatonal segura.

5.3. Propuesta de mitigación social y ambiental

Reconociendo los impactos identificados en el Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS), se estructuran acciones de mitigación diferenciadas:

- **Reasentamiento Justo y Participativo**: Se elaborará un Plan de Acción de Reasentamiento (PAR) en coordinación con la población afectada (Categoría A), priorizando soluciones habitacionales en sitios seguros, con acceso a servicios básicos, escritura de propiedad y acompañamiento psicosocial. Para las categorías B1 y B2, se prevén soluciones in situ mediante reubicación interna o refuerzo estructural, conforme a lineamientos del Banco Mundial y la legislación nacional.
- **Medidas de Inclusión Socioeconómica**: Se diseñará un programa de fortalecimiento de capacidades y generación de empleo temporal en obra, capacitación técnica para mantenimiento vial comunitario, y promoción de iniciativas productivas (huertos familiares, talleres, comercios). Se aplicará enfoque de género y territorial para garantizar equidad.
- **Manejo Ambiental y Restauración Ecológica**: Se prevé revegetación con especies nativas, control de erosión mediante vetiver y geotextiles, protección de cauces y zonas sensibles con barreras filtrantes, y gestión integral de residuos sólidos y peligrosos durante la construcción. Se reforzará la articulación con MARENA y las alcaldías para la sostenibilidad de las medidas.

5.4. Plan de implementación gradual y monitoreo

La ejecución se organizará en tres fases integradas con hitos específicos, responsables técnicos y cronograma tentativo:

- **Fase I: Preparación y habilitación (0–6 meses)**
  - Validación de diseño final con autoridades.
  - Gestión predial y liberación del derecho de vía.
  - Licitación de obras y contratación de supervisión.
  - Inicio de programas sociales y ambientales.
- **Fase II: Ejecución técnica (6–24 meses)**
  - Obras de movimiento de tierra y drenaje.
  - Construcción del sistema de pavimento y obras complementarias.
  - Instalación de señalización y mobiliario urbano.
- **Fase III: Monitoreo, evaluación y sostenibilidad (24–36 meses)**

- Auditorías de seguridad vial ex post.
- Evaluaciones participativas de impacto social.
- Reforzamiento de capacidades municipales para mantenimiento vial.

La propuesta de solución desarrollada representa una respuesta integral, técnicamente robusta y socialmente sensible frente a los desafíos identificados en el diagnóstico territorial. Al integrar el enfoque de Sistema Seguro, la gestión del riesgo vial, el diseño resiliente, y una estrategia de desarrollo local, el proyecto trasciende el simple mejoramiento vial y se constituye en una herramienta estratégica para la transformación territorial y la mejora de las condiciones de vida de la población de La Paz Carazo, San Pedro y Niquinohomo. Su ejecución articulada con los gobiernos locales, el MTI, las comunidades y actores del territorio permitirá alcanzar impactos positivos sostenibles en el tiempo.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Este capítulo presenta las conclusiones del estudio de prefactibilidad y diseño para el mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. Las conclusiones han sido estructuradas en correspondencia directa con el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación, integrando hallazgos técnicos, sociales, ambientales y económicos. Asimismo, se incluyen indicadores concretos que respaldan la viabilidad de la propuesta.

El estudio de prefactibilidad y diseño desarrollado demuestra que el mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo es técnica, económica, social y ambientalmente viable. La propuesta integral desarrollada cumple con las normativas nacionales vigentes, incorpora buenas prácticas internacionales en seguridad vial y movilidad sostenible, y responde a las necesidades expresadas por la población del área de influencia. Se estima que, tras su ejecución, se logrará una reducción promedio del 35 % en los tiempos de traslado, un incremento del 40 % en la conectividad intramunicipal, y una mejora sustancial en las condiciones de seguridad para usuarios vulnerables.

Conclusiones por objetivo específico

Objetivo específico 1: Evaluar los impactos sociales y ambientales asociados al mejoramiento del camino La Paz Carazo - San Pedro - Niquinohomo, considerando las dinámicas de la población local y su entorno.

La evaluación de los impactos sociales asociados al mejoramiento del camino **La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo** permitió comprender de manera integral las dinámicas sociales, económicas e institucionales presentes en el área de influencia del proyecto, así como las posibles afectaciones y beneficios derivados de su ejecución. La caracterización de los actores sociales e institucionales y el análisis de las condiciones socioeconómicas de la población local evidenciaron la importancia estratégica del proyecto para el desarrollo territorial y la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

El diagnóstico socioeconómico realizado, que incluyó la caracterización demográfica de los hogares afectados, la tipología de viviendas, el acceso a servicios básicos, las condiciones laborales y los niveles de ingreso, permitió identificar las principales vulnerabilidades sociales existentes en el área de estudio. Asimismo, la evaluación de las actividades económicas predominantes puso de manifiesto la dependencia de la población respecto a la conectividad vial para el acceso a mercados, servicios y oportunidades de empleo.

- Se identificaron 69 viviendas potencialmente afectadas, de las cuales 35 requieren reubicación externa por falta de terreno disponible. La mayoría de las familias perciben el proyecto como una oportunidad de desarrollo, lo que facilita procesos de consulta y compensación.
- El 39 % de los hogares tiene ingresos mensuales inferiores a C$ 7,000, lo que evidencia una alta vulnerabilidad socioeconómica. Por tanto, cualquier proceso de reasentamiento debe incluir medidas de compensación diferenciadas, capacitación y fortalecimiento de medios de vida.

La identificación, clasificación y valoración de los impactos sociales, considerando su naturaleza, alcance, duración, magnitud, reversibilidad y probabilidad de ocurrencia, permitió determinar que el proyecto generará impactos mayoritariamente positivos a mediano y largo plazo, relacionados con la mejora de la movilidad, el acceso a servicios básicos, la dinamización de la economía local y el fortalecimiento de la integración territorial. No obstante, también se identificaron impactos sociales negativos de carácter temporal durante la fase de construcción, los cuales pueden ser mitigados mediante la aplicación de medidas ambientales y sociales adecuadas.

En conclusión, la evaluación social desarrollada proporciona una base técnica y social sólida para la toma de decisiones, integrando criterios de desarrollo, inclusión territorial y justicia espacial, y permitiendo orientar la implementación de medidas de manejo social y ambiental que maximicen los beneficios del proyecto y reduzcan sus impactos adversos

Objetivo específico 2: Analizar las condiciones de seguridad vial existentes y las mejoras propuestas por el proyecto, con énfasis en la protección de peatones y ciclistas, a partir del análisis técnico del diseño vial y la normativa aplicable.

El análisis de las condiciones de seguridad vial existentes y de las mejoras propuestas para el proyecto de mejoramiento del camino **La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo** permitió identificar los principales factores de riesgo asociados al diseño geométrico, la operación del tránsito y la interacción entre usuarios motorizados y no motorizados. La evaluación de las características geométricas de la vía, tales como la clasificación funcional, velocidad de diseño, radios de curvatura y sección típica, evidenció la necesidad de adecuar los parámetros de diseño a las condiciones reales de operación y a la normativa técnica vigente.

El estudio de tráfico, sustentado en levantamientos de campo, conteos vehiculares, encuestas y proyecciones de demanda, permitió comprender la distribución direccional del tránsito, la evolución del TPDA y la composición vehicular del tramo en estudio, elementos fundamentales para la evaluación de la seguridad vial. Estos resultados pusieron de manifiesto la coexistencia de distintos modos de transporte y la alta exposición de peatones y ciclistas en ausencia de infraestructura específica para su protección.

La aplicación del marco conceptual de **Sistema Seguro** permitió realizar una evaluación integral del riesgo vial, considerando la exposición, la severidad y la probabilidad de ocurrencia de siniestros, así como la tolerancia del diseño geométrico al error humano. A partir de este enfoque, se identificaron deficiencias en la infraestructura para usuarios vulnerables, tales como la inexistencia de facilidades ciclistas, limitaciones en el diseño peatonal y velocidades operativas superiores a las deseables desde el punto de vista de la seguridad.

Con base en el análisis técnico del diseño vial y la normativa aplicable, se propusieron medidas de rediseño y mitigación orientadas a la reducción del riesgo vial, incluyendo mejoras geométricas, control de velocidades, señalización, dispositivos de seguridad y adecuaciones específicas para peatones y ciclistas.

Objetivo específico 3: Caracterizar el flujo vehicular, las propiedades geotécnicas del suelo y definir los espesores estructurales del pavimento en el área de influencia del proyecto, conforme a la normativa técnica aplicable.

La caracterización del flujo vehicular, el análisis de las propiedades geotécnicas del suelo y la definición de los espesores estructurales del pavimento permitieron establecer los criterios técnicos necesarios para el diseño del mejoramiento del camino en el área de influencia del proyecto, conforme a la normativa técnica aplicable y a metodologías reconocidas de diseño de pavimentos.

El estudio del tránsito, basado en el cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), la clasificación del tipo de tráfico, la proyección del crecimiento vehicular y la determinación de los ejes equivalentes acumulados para el período de diseño, permitió definir adecuadamente las cargas que actuarán sobre la estructura del pavimento. De igual forma, los estudios geotécnicos desarrollados mediante trabajos de campo y ensayos de laboratorio permitieron identificar las características físicas y mecánicas de la subrasante, los principales problemas geotécnicos y la influencia del nivel freático, estableciendo valores representativos de CBR y parámetros de soporte del suelo.

A partir de la integración de la información de tránsito y suelo, se realizó el diseño de los espesores estructurales del pavimento mediante la aplicación de los métodos AASHTO 1998 y PCA, definiéndose como alternativa más viable el pavimento rígido de concreto hidráulico con losas cortas, por su capacidad estructural, durabilidad y mejor comportamiento frente a las condiciones de carga y subrasante identificadas. En consecuencia, los espesores estructurales propuestos garantizan un desempeño adecuado durante el período de diseño, asegurando la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad de la vía,

Objetivo específico 4: Formular un Plan de Gestión Ambiental (PGA) y analizar la viabilidad financiera de las alternativas de mejoramiento del camino, con el fin de determinar la opción más viable para su ejecución.

- La caracterización del tránsito, sustentada en el análisis del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), la clasificación vehicular y la proyección del crecimiento del tráfico,

permitió determinar los ejes equivalentes acumulados para el período de diseño, evidenciando una demanda vehicular que requiere estructuras de pavimento con capacidad estructural adecuada para garantizar un desempeño satisfactorio durante su vida útil.

- Por su parte, la investigación geotécnica, basada en trabajos de campo y ensayos de laboratorio, permitió identificar las características físicas y mecánicas de los suelos presentes en el área de influencia del proyecto, así como los principales condicionantes geotécnicos, tales como variaciones en la capacidad portante, presencia de nivel freático y condiciones de humedad. Los valores de CBR de diseño obtenidos constituyeron un insumo fundamental para la definición de los parámetros estructurales del pavimento.
- A partir de la integración de la información de tránsito y suelo, se realizó el diseño de los espesores estructurales del pavimento mediante la aplicación de distintos métodos de cálculo, entre ellos **AASHTO 1993, AASHTO 1998, PCA, Instituto del Asfalto y el Método Argentino**, evaluando alternativas de pavimento flexible, rígido y adoquinado. Los resultados obtenidos permitieron comparar técnicamente las alternativas y seleccionar aquellas que cumplen con los criterios de resistencia, durabilidad y funcionalidad establecidos para el proyecto.
- En conclusión, la caracterización del tránsito y del suelo, junto con la definición de los espesores estructurales del pavimento, permitió proponer soluciones de diseño técnicamente viables y coherentes con las condiciones locales del proyecto, constituyendo un elemento clave para garantizar la sostenibilidad, seguridad y eficiencia del mejoramiento vial propuesto.

Conclusiones técnicas adicionales por componente

- **Drenaje:** Se diseñaron obras de drenaje transversal (31 alcantarillas de concreto) y longitudinal (cunetas revestidas en concreto y piedra), dimensionadas para periodos de retorno de 10 y 25 años. Estas obras reducirán significativamente la vulnerabilidad del tramo ante eventos hidrometeorológicos extremos y minimizan el riesgo de socavación y pérdida de estructura vial.

- **Movilidad y operación vial:** El rediseño geométrico y funcional de las intersecciones, junto con la incorporación de bahías de transporte público y señalización horizontal y vertical, permitirá mantener un Nivel de Servicio C o superior durante el horizonte de diseño.
- **Sostenibilidad económica:** El análisis económico (VAN y TIR) favorece la solución de concreto hidráulico, con un valor residual más alto y menor costo anual de mantenimiento. Se concluye que la alternativa seleccionada es la más rentable a largo plazo, considerando el horizonte de evaluación de 20 años.

Las conclusiones alcanzadas permiten confirmar que el proyecto de mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo cumple con los criterios técnicos, sociales y ambientales requeridos para su ejecución. La propuesta no solo resuelve una necesidad de conectividad intermunicipal, sino que establece las bases para un desarrollo local más equitativo, seguro y sostenible. Estas conclusiones constituyen un insumo técnico clave para la toma de decisiones de los actores públicos responsables de su implementación.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se derivan directamente del análisis técnico, social, económico y ambiental del estudio de prefactibilidad para el mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo. Están organizadas por componente y están orientadas a garantizar la implementación eficiente, sostenible y equitativa del proyecto. Se incluyen actores institucionales sugeridos para la ejecución y monitoreo de las acciones propuestas.

Recomendaciones técnicas

- **Diseño vial y seguridad:**
  - Instalar señalización activa y pasos peatonales elevados en zonas escolares, conforme al enfoque de Sistema Seguro.
  - Ampliar los andenes a mínimo 1.5 m en zonas de alta demanda peatonal.
  - Incorporar bahías seguras para el transporte público en puntos estratégicos (MTI y gobiernos municipales).
  - Diseñar e implementar ciclovías segregadas o franjas calmadas donde sea viable (MTI y gobiernos municipales).
- **Infraestructura estructural:**
  - Adoptar el diseño estructural en concreto hidráulico con losas cortas por su rentabilidad a largo plazo.
  - Validar periódicamente el desempeño del pavimento con ensayos de deflexión y evaluación funcional (MTI – Dirección de Infraestructura).
- **Movilidad y operación vial:**
  - Implementar un sistema de control y monitoreo de velocidades en zonas urbanas mediante dispositivos electrónicos.
  - Realizar auditorías viales post implementación para evaluar niveles de servicio (MTI – Dirección General de Tránsito).

Recomendaciones sociales

- **Reasentamiento y compensación:**
  - Elaborar e implementar un Plan de Acción de Reasentamiento conforme a estándares nacionales e internacionales (MTI en coordinación con INIFOM y alcaldías).
  - Garantizar la entrega de compensaciones equivalentes o superiores al valor de reposición.
  - Brindar asistencia legal, psicológica y técnica a los hogares reubicados.
- **Participación comunitaria:**
  - Establecer comités comunitarios de seguimiento del proyecto, con participación equitativa de mujeres y jóvenes.
  - Desarrollar jornadas de capacitación comunitaria en seguridad vial, mantenimiento preventivo y gestión del entorno.
- **Medios de vida:**
  - Integrar programas de fortalecimiento de capacidades productivas (emprendimientos, cooperativas, etc.) en articulación con MEFCCA, MIFAMILIA y alcaldías.

Recomendaciones ambientales

- **Gestión del riesgo climático:**
  - Actualizar los mapas de vulnerabilidad y definir protocolos de respuesta ante deslizamientos e inundaciones (SINAPRED y MARENA).
  - Implementar sistemas de monitoreo hidrometeorológico en coordinación con INETER.
- **Manejo de residuos y control de erosión:**
  - Establecer una estrategia de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD), promoviendo su reutilización o disposición controlada (MARENA y alcaldías).
  - Ejecutar obras de control de erosión con métodos bioingenieriles (vetiver, geotextiles) en cortes y rellenos.

- **Reforestación y restauración ambiental:**
    - Reforestar zonas de intervención directa con especies nativas (MARENA y alcaldías).
    - Establecer acuerdos de co-manejo ambiental con comunidades locales.

Recomendaciones para la sostenibilidad del proyecto

- **Mantenimiento vial:**
    - Implementar un plan de mantenimiento rutinario y periódico a cargo de las alcaldías, con supervisión del MTI.
    - Establecer cuadrillas comunitarias capacitadas para mantenimiento menor (cunetas, limpieza de alcantarillas, señalización).
- **Monitoreo y evaluación:**
    - Diseñar e implementar un sistema de indicadores de desempeño vial, social y ambiental, con reportes anuales accesibles al público.
- **Financiamiento y cooperación:**
    - Gestionar alianzas con organismos multilaterales (BCIE, BID) para financiar programas sociales y ambientales vinculados al proyecto.

La ejecución del proyecto de mejoramiento del camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo debe ir acompañada de un conjunto articulado de acciones institucionales, técnicas, sociales y ambientales que garanticen su sostenibilidad en el tiempo. Las recomendaciones aquí presentadas constituyen una hoja de ruta para que los actores públicos, comunitarios y cooperantes aseguren que los beneficios del proyecto se consoliden y multipliquen en el mediano y largo plazo.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS

AASHTO. (2011). A *policy on geometric design of highways and streets* (6th ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials.

ACI Committee 318. (2019*). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)*. American Concrete Institute.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2020). *Annual Book of ASTM Standards*. ASTM International.

Consejo Nacional de Universidades (CNU). (2023). *Manual para la planificación curricular en pregrado, grado y posgrado*. Managua: CNU Nicaragua.

Dysconcsa. (2024). *Estudio de Factibilidad y Diseño para el Mejoramiento del Camino La Paz Carazo - San Pedro - Niquinohomo*. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Nicaragua.

Dysconcsa. (2024). *Informe Final Geotécnico y Geológico. Proyecto: Mejoramiento del Camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo*. MTI Nicaragua.

Dysconcsa. (2024). *Informe Final Hidrotécnico. Proyecto: Mejoramiento del Camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo*. MTI Nicaragua.

Dysconcsa. (2024). *Informe Final de Ingeniería. Proyecto: Mejoramiento del Camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo*. MTI Nicaragua.

Dysconcsa. (2024). *Informe Ambiental y Social y Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto: Mejoramiento del Camino La Paz Carazo – San Pedro – Niquinohomo*. MTI Nicaragua.

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2009). *Normas Geométricas para el Diseño de Carreteras de Nicaragua*. Managua: MTI.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2017). *Decreto 20-2017: Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales*. La Gaceta, Diario Oficial No. 228.

Montiel, R. (2018). *Estudio de Prefactibilidad para el Mejoramiento del Camino Empalme El Regadío – Puente Gualilica (Longitud 29.29 Kilómetros).* Universidad Nacional de Ingeniería.

Presidencia de la República de Nicaragua. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo Humano 2022–2026*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEPLAN).

Universidad Nacional de Ingeniería. (2025). *Normativa para la Culminación de Estudios de Posgrado*. Departamento de Posgrado y Educación Continua (DPEC). Managua, Nicaragua.

Urbina, R., Araúz, J., & Téllez, M. (2019). *Estudio de Prefactibilidad de la Construcción del Tramo de Carretera Ticuantepe – Santo Domingo – San Judas – Nejapa*. Universidad Nacional de Ingeniería.

CAPÍTULO IX: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

1. Presupuesto

Tabla 177. Presupuesto

N°	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (C$)	Costo total (C$)
1	Recolección de datos en campo (encuestas y entrevistas)	Jornada	10	C$1,500.00	C$15,000.00
2	Transporte terrestre a comunidades	Viaje	8	C$1,200.00	C$9,600.00
3	Impresión y papelería para instrumentos	Paquete	5	C$600.00	C$3,000.00
4	Honorarios por análisis estadístico	Servicio	1	C$10,000.00	C$10,000.00
5	Gastos administrativos (telefonía, energía, internet)	Mes	2	C$850.00	C$1,700.00
6	Honorarios del tutor	Servicio	1	C$11,100.00	C$11,100.00
	Total				**C$50,400.00**

2. Cronograma

Tabla 178. Cronograma

N°	Actividad	Fecha	Responsables	Producto Esperado
1	Desarrollo de seminarios	Noviembre 2024	Estudiantes y docentes	Curso finalizado
2	Definición del tema de tesis	Diciembre 2024	Estudiantes y docentes	Tema definido
3	Entrega oficial de carta de presentación de tema	Enero - Febrero 2025	Estudiante y tutor	Carta entregada
4	Asignación de tutores	Febrero 2025	Comité Académico y Coordinación	Tutores asignados
5	Reunión general y entrega de formatos	11 de abril 2025	Coordinación de Maestría	Reunión ejecutada
6	Preparación del protocolo	25 de abril - 23 de mayo 2025	Estudiante y tutor	Protocolo terminado
7	Entrega de protocolo de tesis	24 - 31 de mayo 2025	Estudiante y tutor	Protocolo entregado
8	Revisión y aprobación del protocolo	02 - 06 de junio 2025	Comisión Académica	Carta de aprobación
9	Desarrollo de tesis - Parte I	09 - 13 de junio 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance I

N°	Actividad	Fecha	Responsables	Producto Esperado
10	Desarrollo de tesis - Parte II	14 junio - 30 julio 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance II
11	Desarrollo de tesis - Parte III	01 - 29 septiembre 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance III
12	Desarrollo de tesis - Parte IV	01 - 30 octubre 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance IV
13	Entrega del documento final con visto bueno del tutor	31 de octubre 2025	Estudiante y tutor	Tesis final entregada
14	Conformación de jurados evaluadores	15 - 31 octubre 2025	Coordinador y Comité	Jurados designados
15	Revisión del documento por parte del jurado	03 - 16 noviembre 2025	Jurados evaluadores	Documento revisado
16	Defensa de tesis (presentación final)	17 - 21 noviembre 2025	Jurados y estudiantes	Tesis defendida
17	Entrega de tesis empastadas y CD’s	21 noviembre - 19 diciembre 2025	Estudiante	Tesis empastada entregada
18	Proceso de legalización y apostillamiento	22 - 26 diciembre 2025	Departamento de Posgrado	Títulos legalizados

N°	Actividad	Fecha	Responsables	Producto Esperado
19	Entrega de títulos	Por definir	Departamento de Posgrado	Título de Máster

CAPÍTULO VI: ANEXOS

1. **Instrumentos de recolección de datos**

1. Guía de Observación Técnica Estructurada

Objetivo: Registrar el estado físico del camino, condiciones de drenaje, presencia de señalización, accesos peatonales, puntos críticos y uso del suelo colindante.

- Ficha de Registro:

Tabla 179. Ficha de registro

Ítem de Observación	Descripción / Evaluación
Código del tramo y estación	
Estado del revestimiento (balasto, tierra, lodo)	
Existencia y estado de obras de drenaje	
Presencia o ausencia de señalización horizontal y vertical	
Iluminación vial nocturna	
Obstáculos naturales o antrópicos	
Riesgos visibles (pegaderos, deslizamientos, falta de visibilidad)	

2. Cuestionario de Encuesta Comunitaria

Objetivo: Conocer la percepción de los residentes sobre las condiciones actuales de la vía, sus necesidades de movilidad, accesibilidad y experiencias de riesgo vial.

Instrucciones: Marque con una 'X' la opción que corresponda.

Edad: ____ Sexo: [ ] M [ ] F Comunidad: _____

1. ¿Con qué frecuencia utiliza el camino?

[ ] Diariamente [ ] Semanalmente [ ] Mensualmente [ ] Raramente

2. ¿Qué medio de transporte utiliza con mayor frecuencia?

[ ] A pie [ ] Bicicleta [ ] Caballo [ ] Motocicleta [ ] Vehículo particular [ ] Transporte colectivo

3. ¿Ha presenciado o sufrido algún accidente en este camino?

[ ] Sí [ ] No ¿Cuál fue la causa?: _____

4. ¿Cómo califica la seguridad del camino?

[ ] Alta [ ] Moderada [ ] Baja [ ] Muy baja

5. ¿Considera necesario mejorar el camino?

[ ] Sí [ ] No ¿Por qué?: _____

3. Guía de Entrevista Semiestructurada

Objetivo: Recabar opiniones cualitativas de actores clave sobre la situación del camino, impactos esperados del proyecto y recomendaciones desde el enfoque local e institucional.

Preguntas guía:

1. ¿Cuál es la importancia del camino para su comunidad?

2. ¿Qué problemáticas ha identificado en relación con la vía?

3. ¿Cómo afecta la actual condición del camino a los estudiantes, agricultores y personas mayores?

4. ¿Qué obras considera prioritarias (drenaje, señalización, asfaltado)?

5. ¿Qué beneficios cree que traerá el mejoramiento del camino?

6. ¿Qué desafíos considera pueden surgir durante la ejecución del proyecto?

4. Ficha Técnica para Inventario de Infraestructura Vial

Objetivo: Documentar cuantitativamente los elementos existentes a lo largo del tramo.

- Complete la siguiente ficha técnica:

Tabla 180. Ficha técnica para inventario de infraestructura vial

Elemento a registrar	Cantidad / Observaciones
Longitud y ancho de calzada	
Tipología de superficie (natural, revestida, estabilizada)	
Número y tipo de alcantarillas y cajas puente	
Cunetas y sistemas de drenaje longitudinal	
Intersecciones y accesos a viviendas o parcelas	
Bahías para transporte colectivo	

2. Reporte de validación de los instrumentos de recolección de datos

En el marco de la presente investigación, se realizó un proceso de validación de los instrumentos de recolección de datos con el objetivo de asegurar que estos sean adecuados para el contexto de estudio y capaces de proporcionar información válida, confiable y representativa. A continuación, se detalla el procedimiento seguido para la validación de los siguientes instrumentos:

1. Guía de Observación Técnica Estructurada.
2. Cuestionario de Encuesta Comunitaria.
3. Guía de Entrevista Semiestructurada.
4. Ficha Técnica para Inventario de Infraestructura Vial.

1. Validación de la Guía de Observación Técnica Estructurada

La Guía de Observación Técnica Estructurada fue validada a través de expertos en infraestructura vial y seguridad del transporte. Se seleccionaron en los campos de ingeniería civil, transporte y seguridad vial. Las observaciones fueron sistemáticamente analizadas y, como resultado, se ajustaron algunas categorías para incluir aspectos adicionales sobre los riesgos viales y la identificación de puntos críticos de manera más específica.

2. Validación del Cuestionario de Encuesta Comunitaria

El cuestionario de encuesta fue sometido a un proceso de validación mediante pruebas piloto con un pequeño grupo representativo de residentes de la comunidad objetivo. La prueba piloto permitió identificar posibles dificultades en la comprensión de las preguntas y la claridad de las opciones de respuesta. Tras los ajustes correspondientes, se utilizó un índice de validez de contenido (IVC) para evaluar la pertinencia de cada pregunta. Los resultados fueron positivos, con un IVC promedio superior a 0.80, lo que indica que las preguntas son adecuadas para medir la percepción de la comunidad sobre la seguridad vial, las condiciones del camino y sus necesidades de mejora.

3. Validación de la Guía de Entrevista Semiestructurada

La guía de entrevista semiestructurada fue validada mediante una revisión exhaustiva por parte de expertos en estudios de impacto social y desarrollo comunitario. Además, se

realizaron entrevistas piloto con actores clave de la comunidad, como líderes locales y autoridades, para evaluar la claridad y relevancia de las preguntas. A partir de esta validación, se ajustaron algunas preguntas para enfocarse mejor en los impactos sociales y económicos de las condiciones viales, y se reforzó el enfoque en la perspectiva de los diferentes grupos vulnerables.

4. Validación de la Ficha Técnica para Inventario de Infraestructura Vial

La Ficha Técnica para el Inventario de Infraestructura Vial fue validada con el apoyo de ingenieros de infraestructura vial y técnicos especializados en el mantenimiento de redes viales. Este instrumento fue revisado para asegurarse de que cubriera todos los aspectos relevantes del inventario, como el tipo de superficie, drenaje, y características de la señalización. No se realizaron cambios significativos, ya que el formato ya estaba alineado con las mejores prácticas utilizadas en estudios similares.

Metodología de Validación

El proceso de validación de los instrumentos se realizó de acuerdo con los siguientes pasos:

- **Revisión por expertos:** Los expertos en las áreas pertinentes fueron consultados para evaluar la relevancia y adecuación de cada instrumento.
- **Prueba piloto:** Se llevó a cabo una prueba piloto para identificar problemas potenciales en la aplicación práctica de los instrumentos.
- **Evaluación cuantitativa:** Se aplicaron métodos estadísticos como el índice de validez de contenido (IVC) y el coeficiente alfa de Cronbach (para las encuestas) para evaluar la consistencia interna de los instrumentos y su capacidad para generar resultados fiables.

Resultados de la Validación

Los instrumentos de recolección de datos fueron validados exitosamente, con los siguientes resultados:

- La Guía de Observación Técnica Estructurada fue ajustada para mejorar la identificación de puntos críticos y condiciones de drenaje.

- El Cuestionario de Encuesta Comunitaria demostró tener una validez adecuada y fue optimizado tras la prueba piloto.
- La Guía de Entrevista Semiestructurada recibió ajustes menores para centrarse en los impactos sociales y económicos de la infraestructura vial.
- La Ficha Técnica para Inventario de Infraestructura Vial se validó sin cambios significativos, ya que cumplía con los estándares técnicos requeridos.

Conclusiones

La validación de los instrumentos de recolección de datos ha sido exitosa, garantizando que los mismos son adecuados para la investigación y capaces de proporcionar información relevante y precisa. Los ajustes realizados en cada uno de los instrumentos aseguran que las variables clave sean correctamente capturadas y que la información obtenida sea válida y fiable.

3. Otros

Tabla 181. Coordenadas de la ubicación del proyecto

Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	Descripción
591766.097	1307049.097	Inicio 0+000
595806.363	1311552.016	Empalme Tramo I y II
596843.948	1315492.889	Fin 10+649.49