UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, TRAMO DARAILI – VALLE EL BRAMADERO, MUNICIPIO DE CONDEGA, DEPARTAMENTO DE ESTELI

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Alfredo Jonathan Flores Bermúdez

Br. Lennin Ruiz Bermúdez

Tutor

Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, marzo 2018

INDICE

I. Generalidades 1
1.1 Introducción 1
1.2 Antecedentes. 3
1.3 Justificación. 4
1.4 Objetivos 5
1.4.1 Objetivo General 5
1.4.2 Objetivos Específicos 5
II. Estudio de Tránsito 6
2.1 Importancia del Estudio de Transito 6
2.2 Definición de Aforo Vehicular 6
2.3 Aforo Vehicular Realizado 6
2.4 Definición de Volumen de tráfico 7
2.5 Volumen de tránsito 7
2.6 Composición Vehicular 10
2.7 Periodo de Diseño 11
2.8 Transito de Diseño 12
2.9 Factores de Distribución del Transito 12
2.9.1 Factores de Distribución por Sentido o Dirección (fs). 12
2.9.2 Factores de Distribución por Carril (fc). 12
2.9.3 Factor de Crecimiento (FC). 13
2.10 Desarrollo de las Correlaciones 15
2.10.1 Correlación de las variables 18
2.11 Determinación de Factores de Ejes Equivalentes 23
III. Estudio de Suelo 27
3.1 Definición de Suelo 27
3.2 Materiales que forman la estructura de pavimento con adoquín. 28
3.3 Sub – Rasante. 29
3.4 Sub Base 30
3.5 Base 30
3.6 Trabajos de campo y ensayos de laboratorio 31

3.6.1 Importancia del conocimiento de los suelos .... **¡Error! Marcador no definido.**
3.7 Clasificación de las muestras 32
3.7.1 Muestras obtenidas en el tramo 32
3.8 Resultados Obtenidos 41
3.9 Bancos de Materiales..... 45
3.10. Calculo del CBR de Diseño 41
IV. DISEÑO DE CAPA DE RODAMIENTO DE ADOQUIN...... 46
4.1 Diseño de la capa de rodamiento de adoquín...... 46
4.2 Diseño de la capa de rodamiento con AASHTO-93. 46
4.2.1 Confiabilidad (R). 47
4.2.2 Desviación Estándar (So)...... 47
4.2.3 Coeficiente de Drenaje (m)...... 48
4.2.4 Serviciabilidad (Pt)...... 49
4.2.4.1 Índice de serviciabilidad inicial (Po)..... 49
4.2.4.2 Índice de serviciabilidad final (Pt)...... 49
4.2.4.3 Perdida de Serviciabilidad (ΔPSI). 49
4.2.5 Modulo de Resiliencia (MR)...... 50
4.3 Coeficiente de capas..... 50
4.3.1 Carpeta de Rodamiento (a1)...... 51
4.3.2 Base granular o base tratada con algún conglomerante de ser necesario (a2)...... 51
4.3.3 Sub – Base. 52
4.4 Calculo de los espesores de Pavimento. 54
4.4.1 Números estructurales 54
4.5 Calculo de los espesores. 56
4.6 Calculo del Numero Estructural (SN)..... 58
V. Estudio de Impacto Ambiental...... 60
5.1 Cuencas Hidrográficas. 60
5.1.1Temperatura 61
5.1.2Agua..... 61

5.2Clima y amenazas naturales 61
5.2.1 Clima 61
5.2.2 Clima Sabana Tropical (A(C)W$_1$, (A)Cbm) 61
5.3 Amenazas Naturales 62
5.4 Paisaje 62
5.5 Recursos Forestales. 63
5.5.1 Biodiversidad: Flora y Fauna. 63
5.6 Equipamiento social 64
5.6.1 Salud 64
5.6.2 Educación 66
5.6.3 Vivienda 67
5.7 Red Vial 67
5.7.1 Red Primaria 67
5.7.2 Red Secundaria 68
5.7.3 Red Terciaria 68
5.7.4 Red Urbana 68
5.7.5 Transporte 68
5.7.6 Agua Potable y Saneamiento 68
5.7.7 Electricidad 69
5.8 Telecomunicaciones. 70
5.8.1 Redes de transmisión 70
5.9 Usos de Suelo 71
5.10 Patrimonio histórico y cultural 71
5.10.1 Cerámica 72
5.10.2 Petroglifos y arte de piedra 72
5.11 IDENTIFICACION Y VALORACION DE IMPACTOS 73
5.11.1 Introducción 73
5.11.2 Impactos positivos 75
5.11.3 Medidas Ambientales 77
5.12 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL Y SOCIAL 80
5.12.1 Introducción 80

5.12.2 Objetivo General 82
5.12.3 Objetivos Específicos. 82
5.12.4 Importantes Actores. 83
5.12.5 instrumentos de la Estrategia. 84
5.13 Sub Programas Ambientales. 84
5.13.1 Sub programa para el seguimiento y control ambiental institucional 84
5.13.2 Sub programa de medidas a la reducción de la vulnerabilidad vial. 84
5.13.3 Sub programa de manejo de los desechos sólidos y líquidos generados por el proyecto. 84
5.13.4 Sub programa de protección y manejo de áreas protegidas y ecosistemas naturales 85
5.13.5 Sub programa para la explotación de bancos de materiales 85
5.13.6 Sub programa de botaderos 85
5.13.7 Sub programa de siembra y engramados 85
5.13.8 Sub Programa de adquisición de tierras y reasentamientos 88
5.13.9 Sub Programa: Capacitación Vial – Ambiental y de Integración Social. 88
5.13.10 Sub programa de manejo para la seguridad e higiene laboral . 89
5.13.11 Subprograma para la instalación y operación de planteles 89
5.13.12 Sub programa de contingencia 90
5.13.13 Sub programa de monitoreo 90
5.14 Matriz de Caracterización del Proyecto 90
VI. Conclusiones, recomendaciones y Bibliografia. 93
6.1 Conclusiones. 93
6.2 Recomendaciones. 95
6.3 Bibliografía……..……..96

Índice de Tablas

Tabla 1. Transito Promedio Diario Diurno……08
Tabla 2. Transito Promedio Diario Anual ……10
Tabla 3. Periodo de diseño……..11
Tabla 4. Factores de distribución por carril……...13
Tabla 5. Producto Interno Bruto……..14
Tabla 6. Consumo de combustible……14
Tabla 7. Crecimiento Poblacional……...14
Tabla 8. Parque Vehicular……15
Tabla 9. Correlación para afectar el tránsito de vehículos livianos……...19
Tabla 10. Correlación para afectar el tránsito de vehículos pesados……...19
Tabla 11. Correlación para afectar el tránsito de vehículos de carga y vehículo Pesado……..20
Tabla 12. Tasa anual de crecimiento con respecto al tiempo……21
Tabla 13. Tránsito de diseño……...23
Tabla 14. Datos de interpolación lineal……..24
Tabla 15. ESAL`s de diseño……26
Tabla 16. Especificaciones para terraplenes y material de subrasante……...29
Tabla 17. Especificaciones parra material de base……30
Tabla 18. Ensayos de laboratorio……..……31
Tabla 19. Sondeos manuales de Est. 0+000 a Est. 1+000……36
Tabla 20. Sondeos manuales de Est. 1+100 a Est. 2+100……37
Tabla 21. Sondeos manuales de Est. 2+200 a Est. 3+200……38
Tabla 22. Sondeos manuales de Est. 3+300 a Est. 4+200……39
Tabla 23. Sondeos manuales de Est. 4+300 a Est. 5+000……40
Tabla 24. Banco de materiales……41
Tabla 25. Límites para la selección de resistencias……43
Tabla 26. Valores de C.B.R……43
Tabla 27. Resistencia de los sondeos……...44
Tabla 28. Límite de resistencia de los sondeos… ……44

Tabla 29. Niveles de seguridad para sub rasante……45
Tabla 30. Niveles de confiabilidad……..47
Tabla 31. Desviación estándar……48
Tabla 32. Coeficiente de drenaje……...48
Tabla 33. Coeficiente de drenaje en función del tiempo……48
Tabla 34. Correlaciones de criterio de módulo de resiliencia……50
Tabla 35. Espesores mínimos……56
Tabla 36. Resumen de espesores calculados……59
Tabla 37. Principales variables meteorológicas……62
Tabla 38. Clasificación de los municipios por amenazas naturales……62
Tabla 39. Comportamiento epidemiológico en Condega……..…64
Tabla 40. Resultados de la educación de adultos en Condega……66
Tabla 41. Proporción de uso de suelos……71
Tabla 42. Principales impactos negativos durante la ejecución……75
Tabla 43. Principal impacto negativo durante la fase de operación……76
Tabla 44. Grupos de medidas ambientales……..78
Tabla 45. Plantas recomendadas para cercas vivas……...87

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Representación de la composición vehicular……11
Gráfico 2. Correlaciones de variables del tráfico con respecto al tiempo……17
Gráfico 3. Correlación parque vehicular vs crecimiento poblacional……..…19
Gráfico 4. Correlación parque vehicular vs consumo de combustible……20
Gráfico 5. Correlación Parque vehicular vs producto interno bruto……21
Gráfico 6. C.B.R. de diseño……45
Gráfico 7. Nomograma para coeficiente de capa de base granular……...52
Gráfico 8. Nomograma para coeficiente de capa de sub base granular…..……...53
Gráfico 9. Abaco de diseño AASHTO……...55
Gráfico 10. Secciones de capas estructurales de calzada……59

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a Dios, por haber estado en nuestras vidas en todo momento y por habernos brindado la dicha de la salud, bienestar físico y espiritual para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres, y familiares por su esfuerzo, amor y apoyo incondicional, durante nuestra formación tanto personal como profesional. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A nuestros docentes, por brindarnos su guía y sabiduría. Por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional, en especial al Ing. Lucas Bernardo Calvo Rojas, al Ing. José Napoleón Rojas Castillo por haber guiado el desarrollo de este trabajo y a la Ing. Claudia Verónica Reyes por haber sido una buena guía durante el tiempo de estudio universitario.

Agradecimiento

Damos gracias primeramente a Dios Todopoderoso y Misericordioso, por concedernos la gracia de vivir, la fortaleza en nuestros momentos de debilidad, la perseverancia en las frustraciones, el consuelo en las tristezas, por haber iluminado nuestra mente a lo largo de los años de formación en la escuela y en la universidad.

Agradecemos a nuestros padres, por habernos enseñado a ser humildes, honestos, perseverantes y trabajadores, por aconsejarnos en todo momento, por brindarnos todo su afecto.

Agradecemos a nuestro tutor Ing. Lucas Bernardo Calvo Rojas por su especial interés de orientarnos con sus consejos, al Ing. José Napoleón Rojas Castillo por su ayuda desinteresada y su buena voluntad.

Agradezco a todas las maestras y maestros que colaboraron para educarme, instruirme y hacer de mí un hombre de bien.

Y, por último, pero no menos importante agradezco a todos mis amigos y amigas, que me acompañaron durante todos mis años de estudio.

Resumen del Tema

Las comunidades de Daraili y Valle el Bramadero pertenecen al municipio de Condega del departamento de Estelí, en la actualidad la vía que las une consta de un camino de todo tiempo, alojado en terreno del tipo ondulado, y que además presenta en su planimetría una combinación de curvas horizontales con tangentes.

El Diseño de la estructura de pavimento realizado en este documento se limita exclusivamente al segmento del Tramo Daraili – Valle el Bramadero, que está comprendido entre las estaciones 16+500 – 21+500, para una longitud total de 5.00 Km aproximadamente.

Según la legislación vigente, la solución propuesta debe garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA), mediante los manuales siguientes:

Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos

El contenido de esta investigación se encuentra organizado en un total de seis capítulos, a continuación, se expone de forma breve el contenido de estos.

Capítulo I. Generalidades: en este capítulo se describen aspectos básicos del proyecto tales como introducción a la importancia de las carreteras en nuestro país en contribución a la sociedad, antecedentes del municipio, justificación de la importancia de la construcción de carreteras en nuestro país y del uso de pavimento de adoquín en este proyecto, objetivo general y objetivos específicos que se plantean a dar solución.

Capítulo II. Estudio de Transito: Corresponde a todos aquellos estudios que tienen que ver con el transito que circula sobre la vía, con la finalidad de analizar la movilidad en una zona determinada, considerando de manera coordinada los

diferentes elementos que participan en ella y simulando la interacción de los nuevos proyectos de infraestructura con la red existente.

Capitulo III. Análisis del Estudio de Suelo: encierra los aspectos fundamentales y permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

Capitulo IV. Diseño de la Capa de Rodamiento: En este capítulo se aborda la parte complementaria y esencial de la investigación que corresponde al cálculo del diseño de la estructura del pavimento de adoquín, es decir, la determinación de los espesores de cada capa de la estructura, Su función primordial será la de proteger la base impermeabilizando la superficie para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capa inferiores , además evita que se desgaste o desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos .

Capitulo V. Estudio de Impacto Ambiental: Este capítulo aborda la definición de impacto ambiental, como identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá este proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones: se muestran las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, es la solución que abre las puertas a la parte final del estudio donde se presentara sin argumentación y en forma resumida, los resultados del análisis efectuado en torno al tema, derivado del tratamiento de los datos y de las interrogantes planteadas.

I. Generalidades

1.1 Introducción

Las vías de comunicación en una nación son la estructura de vital importancia que promueve el desarrollo socioeconómico de una región o zona geográfica, independientemente de que estas sean urbanas o rurales ya que ambas forman parte de la infraestructura progresiva.

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos y peatones de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y eficiencia.

La red vial nacional de Nicaragua a lo largo de la historia ha presentado fuertes déficit tanto en la construcción de nuevos tramos como en la rehabilitación de los ya existentes debido principalmente al factor económico, lo que constituye una problemática para el desarrollo económico y social. En este contexto, se da a conocer una propuesta para el diseño estructural de pavimento articulado de un tramo de carretera ubicado en el municipio de Condega.

Esta propuesta consiste en determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente y diseñar las diferentes capas que componen la estructura del pavimento, después de haber definido la profundidad de la rasante. Ya que estas calles son afectadas por diferentes eventos naturales que transcurren periódicamente cada año.

El tramo en estudio se encuentra localizado en el departamento de Estelí, municipio de Condega, exactamente en el Km 187 de la Carretera Panamericana norte, 16.5 Km hacia San Sebastián de Yalí, iniciando en la comunidad DARAILI (Est. 0+000) y finalizando en la comunidad VALLE EL BRAMADERO (ubicada a 21.5 Km de la entrada a San Sebastián de Yalí Est. 5+000). El tramo presenta un ancho de vía de 6 m que predomina a lo largo del tramo, con pendientes mínimas a moderadas.

Nicaragua enfrenta diferentes dificultades para desarrollar sus principales actividades socioeconómicas, a pesar de que cuenta con pocos recursos para la ejecución de obras civiles, la cual es la realización de una buena estructura vial, esta se diseña conforme a las necesidades, planes de desarrollo y progreso de la nación. Tomando en consideración todos los problemas que se presentan y que a su vez impide el progreso de una nación. Por lo tanto, existen autoridades delegadas en velar y regular estas disposiciones como es el Gobierno de Nicaragua, representado por la Alcaldía de Condega.

En el tramo en estudio se necesita la ejecución de un Diseño de estructura de pavimento en primera instancia con el objetivo de promover el desarrollo económico y agrícola, esto traerá consigo grandes beneficios, mejorando la comercialización y movilización de los habitantes, incidiendo positivamente en la calidad de vida de los pobladores de la zona.

Esta vía sirve de corredor, entre los municipios de Condega y San Sebastián de Yali, así como otras comarcas dentro del tramo, lo que permitirá dar un mejor servicio de transporte tanto a los usuarios como transporte de carga, con un menor costo y reduciendo los tiempos de viaje para los pobladores, vecinos del tramo u otros usuarios ocasionales que circulan por el tramo.

El presente proyecto estará orientado bajo las diferentes normas que rigen los diseños estructurales de pavimento, los cuales se encuentran claramente explicados y que son la base para el desarrollo del mismo, todos estos tomados principalmente del manual AASHTO.

1.2 Antecedentes.

Condega posee una extensión territorial de 398 km^2, correspondiéndole el segundo lugar entre los seis municipios del departamento de Estelí, la cabecera municipal está ubicada a 185 km al Norte de la ciudad de Managua, el municipio de Condega está ubicado entre las coordenadas 13° 21′ latitud norte y 86° 23′ longitud oeste.

El municipio de Condega limita al norte con Palacagüina y Telpaneca que pertenecen al departamento de Madriz: al sur con el municipio de Estelí; al este con los municipios de San Sebastián de Yalí que pertenece al departamento de Jinotega y al oeste con los municipios de Pueblo Nuevo y San Juan de Limay.

La principal actividad económica en la zona rural, se concentra en la actividad agrícola, que proporciona a su vez el mayor ingreso a los habitantes y productores.

El sistema vial del municipio está constituido por un total de 156 km de carreteras de las cuales el 11.85% constituye la red primaria, el 20.37% la red secundaria y el 67.78% la terciaria. El sistema vial del municipio está constituido por un total de 297.15 km de caminos, de los cuales 10.43% son la red primaria, el 4.96% la red secundaria y el 4.6% es terciaria. Del total de vías del municipio, se incluyen los 18.35 km de carretera panamericana que atraviesa el municipio de norte a sur.

1.3 Justificación.

Cualquier proyecto vial tiene como justificación el mejoramiento de las condiciones de fluidez, seguridad vial, calidad y confort de los usuarios, así también mejorara el bienestar económico y social de la comunidad.

Todas las ciudades necesitan contar con una red vial en buenas condiciones, para el desarrollo económico y social. Por lo cual es de vital importancia la construcción de la estructura de pavimento con adoquín. Con la realización de dicho proyecto, se pretende mejorar la forma en que se desarrollan las diferentes actividades de los habitantes de la zona, debido a que se disminuyen los problemas de movilización en las distintas épocas del año, dando como resultado un aumento en la producción, el comercio agrícola y el trabajo.

La estructura de pavimento que se pretende diseñar es a base de adoquines de concreto colocados sobre una capa de arena con un sello de arena calibrada, entre las juntas de adoquines, así como también el diseño de vigas transversales de amarre donde lo demande la topografía del terreno y una sub-base debidamente compactada y conformada. Con este tipo de pavimento se logra economía en tiempo y costos financieros. Debido a la sencillez del proceso constructivo, la estructura del pavimento se puede construir y aperturar al tráfico en un mismo día; en la instalación de los adoquines no intervienen procesos térmicos y requiere del uso de poca maquinaria para su colocación, dando lugar, a que la labor de colocar las piezas sea fundamentalmente artesanal, situación que demanda el empleo de mano de obra que, según se organice el proceso constructivo, se pueden crear varias fuentes de trabajo temporalmente, facilitando a los habitantes de las poblaciones aledañas al proyecto al acceso a esta fuente de ingreso.

También es conveniente para el mantenimiento y futuras reparaciones sin necesidad de trasladar maquinaria sofisticada.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar la estructura de pavimento articulado y estudio del impacto Ambiental del tramo: Daraili – El Bramadero.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el aforo vehicular determinando el TPDA y las cargas de diseño (ESAL) que actuaran en la estructura de pavimento.

- Analizar las características físico mecánicas del suelo de la zona en estudio y los posibles bancos de materiales para una adecuada utilización en el diseño.

- Determinar los espesores estructurales utilizando la metodología AASHTO-93.

- Realizar el estudio de Impacto Ambiental en la ejecución de la obra y proponer medidas correctivas que disminuyan los impactos negativos.

II. Estudio de Tránsito

2.1 Importancia del Estudio de Transito

Dado que el tráfico representa uno de los factores esenciales para la determinación de espesores, tanto la cantidad como composición del tráfico, son determinantes para establecer las cargas a las que estará sometido el pavimento en un periodo de diseño previamente establecido.

Los estudios de transito nos permiten analizar los medios constructivos que permitan la mejoría de circulación y la operación vial, estos conforman un instrumento que sirven para cumplir los objetivos, tales como la operación de red vial, costos de operación y velocidad con la que debe circular el tráfico vehicular presente y futuro por lo que es necesario corregirlo por medio de un diseño de pavimento que garantice un grado de transitabilidad adecuado durante un tiempo suficiente prolongado.

2.2 Definición de Aforo Vehicular

El aforo vehicular es el conteo de vehículos, es una muestra representativa de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o a una intersección

Se realizará un aforo o conteo vehicular en los puntos extremos del tramo en estudio, este nos permitirá obtener los volúmenes de tráfico, y la proyección del tráfico vehicular existente en la ruta y del tramo en estudio.

2.3 Aforo Vehicular Realizado

Realizamos un aforo por conteo vehicular durante 5 días, comenzando el día lunes 22 de mayo del 2017, hasta el día viernes 26 de mayo del 2017. El punto donde se ubicó la estación de aforo es en la comunidad Daraili, exactamente en la estación de inicio (Est. 0+000).

Para obtener los factores día, semana y factor expansión se utilizan los anuarios y revistas de tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), contabilizando el tráfico que recorrió la vía según la clasificación vehicular para vehículos livianos, vehículos de pasajeros, vehículos pesados de carga y vehículos pesados. El aforo consiste en un tiempo de conteo de doce horas cada día de 6:00 a.m. a 6:00 p.m., para obtener el tránsito promedio diario anual (TPDA).

Ver Anexo página XVII.

2.4 Definición de Volumen de tráfico

Es el número de vehículos que pasa por una determinada sección de una vía en la unidad de tiempo. La medición de los volúmenes de flujo vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y manuales atreves de aforos volumétricos de tránsitos en las propias carreteras lo mismo que mediante investigación de origen y destino, que dependiendo de la metodología utilizada arrojan datos de las estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes.

2.5 Volumen de tránsito

La Información sobre volúmenes de transito nos define el número de vehículos que pasa por un punto determinado en un cierto intervalo de tiempo, los datos así obtenidos sirven para:

- Planeación del transporte.

- Evaluar las condiciones actuales de una carretera.

- Diseños geométricos.

- Estudio de intersecciones.

- Determinar eficiencia en la capacidad.

Los conteos realizados en el tramo proporcionan los siguientes datos mostrados en la Tabla 1, del Tránsito Promedio Diario diurno. En los Anexos del 3 al 12 de la página III a la página XII se puede apreciar el conteo vehicular diurno de 12 horas de los cinco días que se realizó conteo vehicular.

Periodo: del 22 al 26 de mayo 2017 – Hora: (6:00 am – 6:00pm)

Tramo: Daraili – Valle él Bramadero.

$$TPDi = \frac{Total\ Vehiculos}{dias\ conteo}$$ (Ecuación N°1)

Tabla N°1. Transito Promedio Diario Diurno

Nº	GRUPO	TIPO DE VEHICULO	TOTAL DE VEHICULOS EN EL PERIODO	TPDi (Veh/12hrs)
1	Vehiculos de Pasajeros	Motos	1363	273
2		Autos	222	44
3		Jeep	20	4
4		Camionetas	355	71
5		Microbus	6	1
6		Minibus > 15p	2	1
7		Bus	100	20
8	Vehiculos pesados de carga	Liviano de Carga	41	8
9		Camion de Carga C-2	49	10
10		Camion de Carga C-3	12	2
11	Otros	Bicicletas	116	23
TOTAL=			2286	457

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se calcula el valor del TPDA de cada uno de los vehículos según sus características para obtener el sumatorio total del TPDA:

El TPDA se ha tomado como un indicador numérico para diseño, por constituir una medida característica de la circulación de vehículos y por su facilidad de obtención, Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios..

Un elemento primario para el diseño de carreteras es el Transito Promedio Diario Anual (TPDA), que se define como: Es el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición. Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales.

TPDA= $\frac{TA}{365}$ (VPD) (Ecuación N°2)

Para determinar el TPDA del tramo en estudio se procedió a sacar el promedio de los cinco días que se realizó conteo vehicular, una vez obtenido este promedio se afectó por los factores: día, semana y expansión de la estación de corta duración N.º 307 El Tule - Condega.

TPDA= TPD * Factor día * Factor semana * Factor de expansión (Ecuación N°3)

Estos factores de ajuste se encuentran en la revista de anuario de aforos de tráfico 2016 del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI. (Ver anexo página XIII, tabla de factores de ajuste para TPDA).

Se muestra tabla con el ajuste del TPDi para el cálculo del TPDA:

Tabla N°2. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

Tramo: Daraili - Valle el Bramadero												
Transito Promedio Diario Anual (TPDA)												
Contenido	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Pesados de Carga			Otros	Total vpd
		Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus>15p	Bus	Liv. Carga	C-2	C-3	Bicicletas	
TPDi	273	44	4	71	1	1	20	8	10	2	23	457
Factor Dia	1.38	1.46	1.33	1.33	1.31	1.32	1.34	1.31	1.35	1.23	1.43	
Factor Semana	1.00	1.11	1.11	1.03	0.98	0.96	0.94	0.93	0.88	0.88	1.25	
Factor Expansion	1.01	0.95	0.89	0.98	0.98	0.96	0.95	0.91	0.85	0.95	1.08	
TPDA	381	68	5	95	1	1	24	9	10	2	44	640
Composicion en %	59.53%	10.63%	0.78%	14.84%	0.16%	0.16%	3.75%	1.41%	1.56%	0.31%	6.87%	100.00%
	89.85.%							3.28.%			6.87.%	

Fuente: Elaboración Propia

2.6 Composición Vehicular

La composición vehicular del tramo en estudio se clasifica de la siguiente manera:

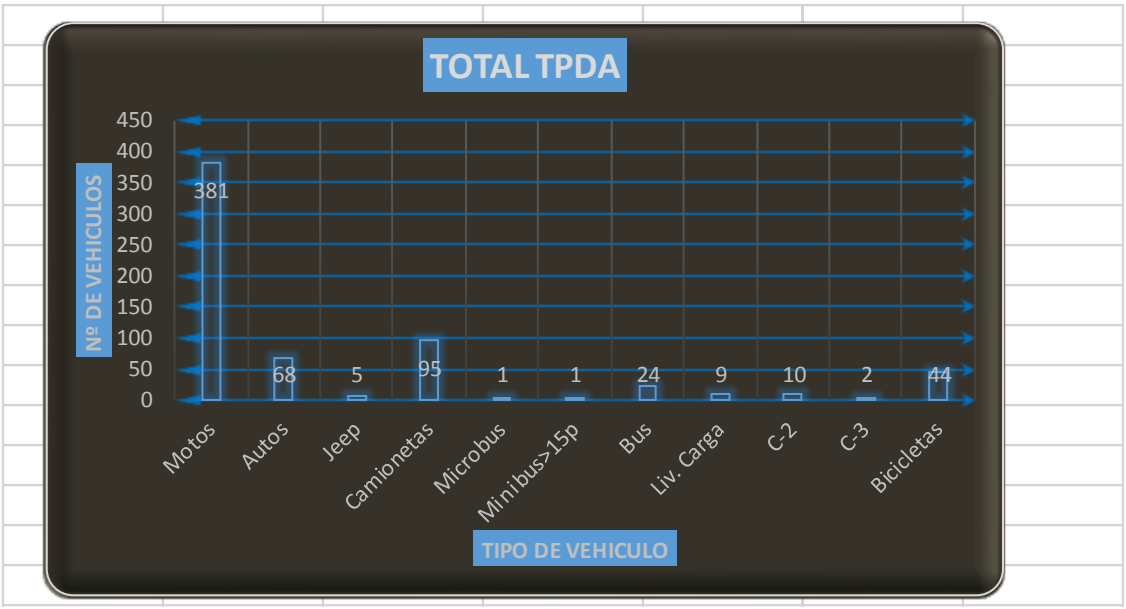
Vehículos de Pasajeros: este corresponde al 89.77% del tránsito total que circula por el tramo en estudio, siendo las motos las de mayor porcentaje con un 59.51%, seguido del porcentaje de camionetas que corresponde al 14.91%, en tercer lugar, los autos con un 10.59%, seguido por el porcentajes de buses que pasa por el tramo que corresponde al 3.74%, los vehículos tipos Jeep con un 0.82% y los microbuses con un porcentaje del 0.20%.

Siendo los más representativos en primer lugar el porcentaje de motos y en segundo lugar el porcentaje de camionetas.

Vehículos Pesados de Carga: Este tipo de vehículos corresponden al 3.29% del tránsito total que pasa por el tramo en estudio, teniendo en primer lugar el vehículo tipo C-2 con un porcentaje del 1.58%, en segundo lugar, el vehículo liviano de carga con un 1.39% y un 0.32% el vehículo tipo C-3.

Categoría Otros: Dentro de esta categoría encontramos las bicicletas que representan el 6.94% de los vehículos que circulan por el tramo en estudio.

Gráfico N°1. Representación de la Composición Vehicular



Fuente: Elaboración Propia

2.7 Periodo de Diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño durante el cual la estructura que se diseña deberá funcionar sin requerir de acciones de conservación diferentes a la de un mantenimiento rutinario con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido.

Tabla N°3. Periodo de Diseño

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista Regional	**20 - 40 años**
Troncales Sub-Urbanas	**15 - 30 años**
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	**10 - 20 años**
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de Carreteras, (SIECA- 2004).

El periodo de diseño recomendado para el tramo en estudio, quedaría clasificado como colectora sub-urbana ya que serviría para velocidades menores en distancias cortas para calles o caminos locales; que va de 10-20 años, estas carreteras están ligadas a los movimientos generados por las áreas urbanas, canalizando tránsito hacia otras vías y dando acceso a terrenos y propiedades colindantes por lo que su demanda vehicular puede disminuir sensiblemente. Para efectos de este diseño el periodo a utilizar es de 15 años.

2.8 Transito de Diseño

El Tránsito de Diseño (TD) se obtiene según el modelo matemático recomendado por la AASHTO y resulta de multiplicar el (TPDA) de cada tipo de vehículo especificado en el conteo vehicular por el Factor de Crecimiento (FC) de cada tipo de vehículo el cual depende de la Tasa de Crecimiento (TC) para cada uno de ellos, y el Periodo de Diseño (n) considerando además Factor de Distribución por Sentido (fS), Factor de Distribución por carril. (FC) y la cantidad de días en el año (365).

$\boldsymbol{TD} = TPDA * Fc * Fs * fc *$ 365 (Ecuación № 4)

2.9 Factores de Distribución del Transito

Los factores de distribución forman parte de las características de la vía, esta facilita la diferencia de la vía y su serviciabilidad. Para el tránsito de diseño se consideran dos tipos de factores de distribución: Factor de distribución por sentido o dirección (fS) y factor de distribución por carril (fC).

2.9.1 Factores de Distribución por Sentido o Dirección (fs).

Es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta; en la mayoría de los casos, así como en nuestro diseño este valor es de 0.5 ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en dirección opuesta.

2.9.2 Factores de Distribución por Carril (fc).

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL'S. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para este

diseño el factor de distribución por carril (fc) es 1 por tener 1 carril en una sola dirección, como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla N°4. Factores de Distribución por Carril

Nº de Carriles en una sola Dirección	Factor LD[11]
1	1
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de Carreteras, (SIECA- 2004).

2.9.3 Factor de Crecimiento (FC).

Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \qquad \text{(Ecuación № 5)}$$

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa anual de Crecimiento.

n: Periodo de Diseño.

Es importante mencionar que para el análisis de la tasa de crecimiento se tomaron en cuenta datos históricos de estadística de los últimos cinco años acerca de las variables más representativas y vinculadas al transporte que son: El Producto Interno Bruto (PIB), Consumo de Combustible, Crecimiento Poblacional y Parque Vehicular.

- PIB (Producto Interno Bruto), ya que es un indicador macro económico del comportamiento de las inversiones y divisas del país (Bienes y Servicios), que al fin esta demanda de medios físico de cargas para movilizar lo que producen para efectos de consumo interno o de exportación.

Tabla N°5 Producto Interno Bruto (PIB)

PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) EN MILLONES DE CORDOBAS					
Año	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Cantidad	147,661.40	154,936.80	162,351.30	170,230.10	178,234.60
Logaritmo	11.90	11.95	12.00	12.04	12.09

Fuente: Elaboración Propia con datos Banco Central de Nicaragua (BCN)

- Consumo de combustible se toma en cuenta para encontrar la tasa decrecimiento que afecta los vehículos pesados de pasajeros.

Tabla N°6 Consumo de Combustible

CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN MILES DE BARRILES					
Año	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Cantidad	179,880.00	149,204.00	207,938.00	211,032.00	262,947.00
Logaritmo Natural	12.10	11.91	12.24	12.26	12.48

Fuente: Elaboración Propia con datos Instituto Nicaragüense de Energía

- Crecimiento poblacional es la variable que estará clasificada para afectar a los vehículos livianos de pasajeros.

Tabla N°7 Crecimiento Poblacional

CRECIMIENTO POBLACIONA					
Año	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Cantidad	220,704.00	221,890.00	223,066.00	224,252.00	225,428.00
Natural	12.30	12.31	12.32	12.32	12.33

Fuente: Elaboración Propia con datos Instituto Nicaragüense de Formación de Desarrollo (INIDE)

- El parque vehicular o parque automotor es un análisis de crecimiento de vehículos en el departamento de Jinotega, en este caso tomado desde el año 2011 – 2015. Esta variable representa el desarrollo de las correlaciones con las tres variables anteriores para interpretar un nivel de relación y adquirir los diferentes factores de crecimiento.

Tabla N°8 Parque Vehicular

PARQUE VEHICULAR					
Año	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Cantidad	24,050.00	24,957.00	28,457.00	31,142.00	33,506.00
Logaritmo Natural	10.09	10.12	10.26	10.35	10.42

Fuente: Elaboración Propia con datos Instituto Nicaragüense de Energía (INE)

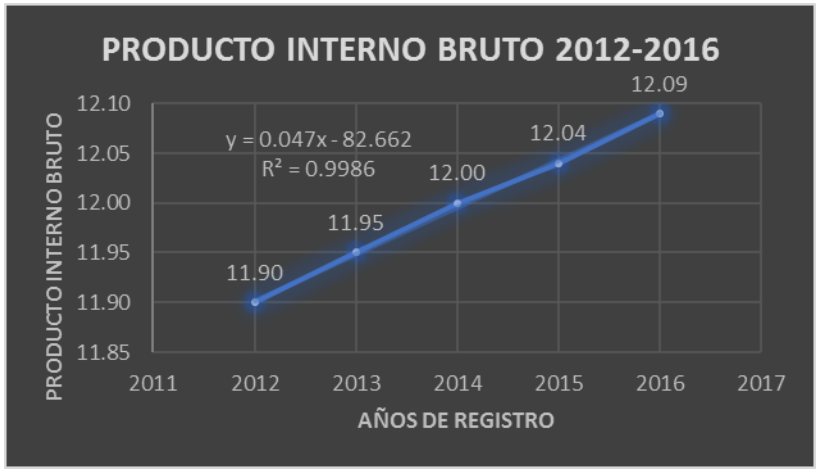
2.10 Desarrollo de las Correlaciones

El proceso que se utilizara para determinar la correlación corresponde primero en el cálculo del "Logaritmo Natural" de los datos anuales de cada variable vinculada al transporte; el cual consiste en obtener una menor dispersión de los mismos datos insertados en el diagrama de burbuja o dispersión lineal en un plano (X, Y). Permitiendo el resultado de rectas de regresión lineal para calcular así el porcentaje de correlación entre dichas variables, así como determinar su tasa de crecimiento. Para el cálculo de los logaritmos naturales, se revisará gráficamente la correlación

individual de los datos de cada variable, y se analizará la "Línea de Tendencia Lineal" para la serie de datos ordenados, la cual dará como resultado el porcentaje de correlación existente y la tasa de crecimiento en base a la pendiente de la recta formada.

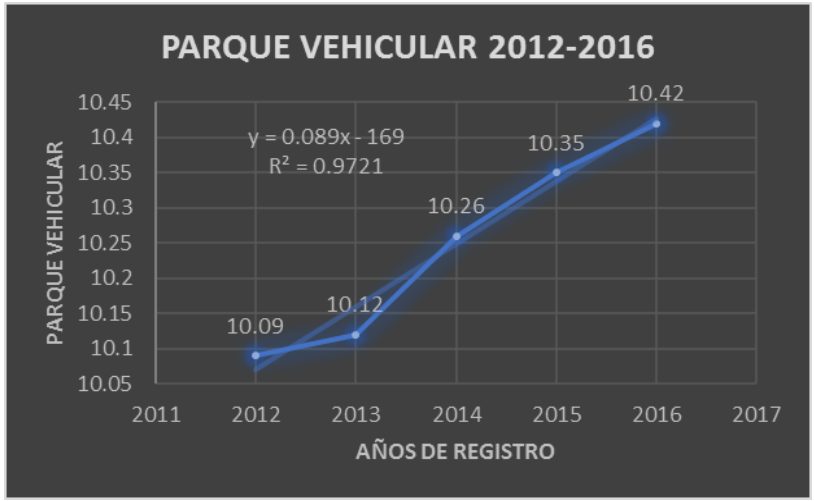
Es importante destacar que el uso de la ecuación **Y= mx+b**, viene siendo la ecuación de una recta, se conoce como ecuación punto pendiente ya que m es la pendiente de la recta y b es la intersección con el eje ¨y¨ (un punto de la recta). Debido a que es un modelo Grafico de dispersión calcula un **R^2**, asumiendo el resultado de índice de correlación de una o más variables.

Gráfico N°2. Correlación de las Variables Relacionadas al Tráfico con Respecto al Tiempo









Fuente: Elaboración Propia

El cálculo de la correlación de los datos de cada variable en lo particular indica lo siguiente:

El Producto Interno Bruto (PIB), tiene un coeficiente de Correlación R^2= 0.9986, es decir, una excelente correlación del 99.86%. Presenta una tasa de crecimiento promedio del 3.83% anual.

El Consumo de Combustible correspondiente al departamento de Estelí presenta una mala Correlación R^2= 0.6938, equivalente al 69.38% debido a un coeficiente de decaída en la tendencia anual específicamente en el año 2013 y presenta una tasa de crecimiento del 7.89%.

Los datos del Crecimiento Poblacional, presentan una excelente Correlación de R^2= 0.9423 igual a 94.23%. Con una tasa de crecimiento promedio de 0.42%

El Parque Vehicular presenta una muy buena Correlación R^2= 0.9721 equivalente al 97.21% y nos indica una tasa de crecimiento del 6.85%.

Una vez que se han certificado que existen valores altos de correlación para cada variable con relación al factor tiempo, analizaremos la combinada de los datos respecto al crecimiento del parque vehicular; de tal forma que nos permita examinar sí dichas variables poseen un buen coeficiente de correlación y de esta manera proyectar el transito final en base a la “tasa de crecimiento”.

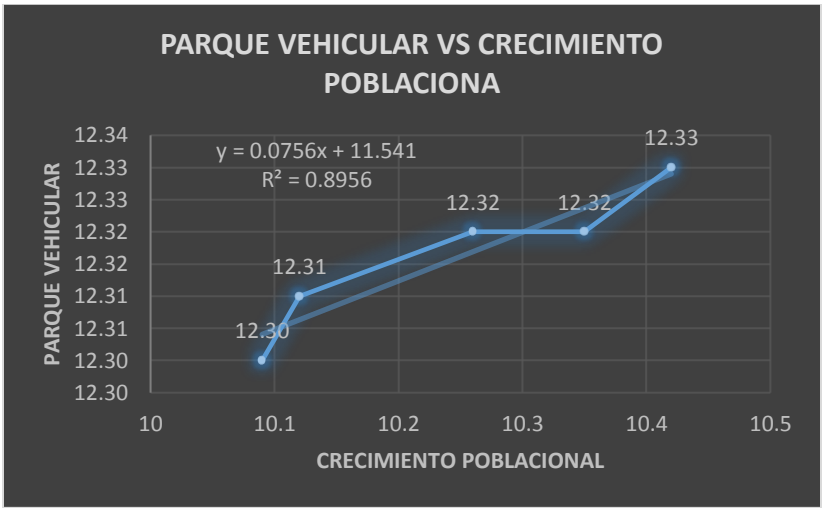
2.10.1 Correlación de las variables

Para el cálculo del tránsito liviano se realizó la correlación de variables similares entre sí con el objetivo de establecer la tendencia de crecimiento que pueda tener este tipo de tránsito.

TABLA N°9 PARQUE VEHICULAR VS CRECIMIENTO POBLACIONAL		
Año	Parque Vehicular (Ln)	Crecimiento poblacional (Ln)
2012	10.09	12.30
2013	10.12	12.31
2014	10.26	12.32
2015	10.35	12.32
2016	10.42	12.33

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°3. Correlación Parque Vehicular vs Crecimiento Poblacional



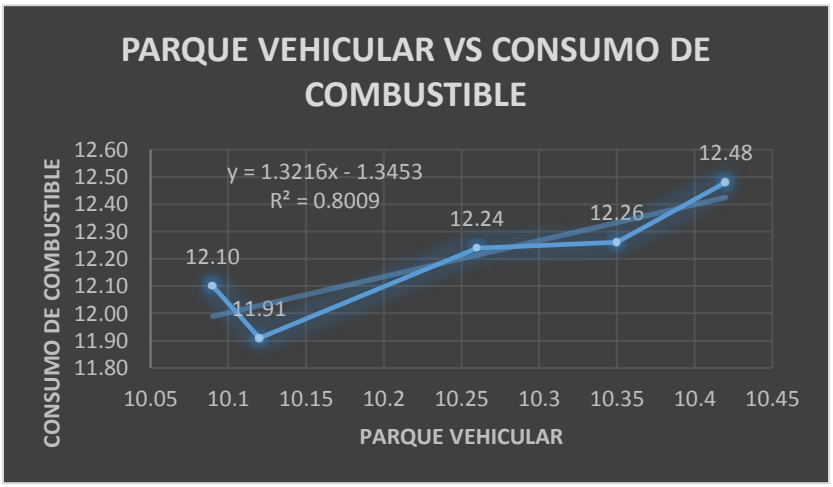
Fuente: Elaboración Propia

El resultado de este análisis de correlación Parque vehicular vs Crecimiento poblacional nos indica que existe una muy buena correlación del 89.56% (R^2 = 0.8956).

TABLA N°10 PARQUE VEHICULAR VS CONSUMO DE COMBSTIBLE		
Año	Parque Vehicular (Ln)	Consumo de Combustible
2012	10.09	12.10
2013	10.12	11.91
2014	10.26	12.24
2015	10.35	12.26
2016	10.42	12.48

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°4. Correlación Parque Vehicular vs Consumo de Combustible



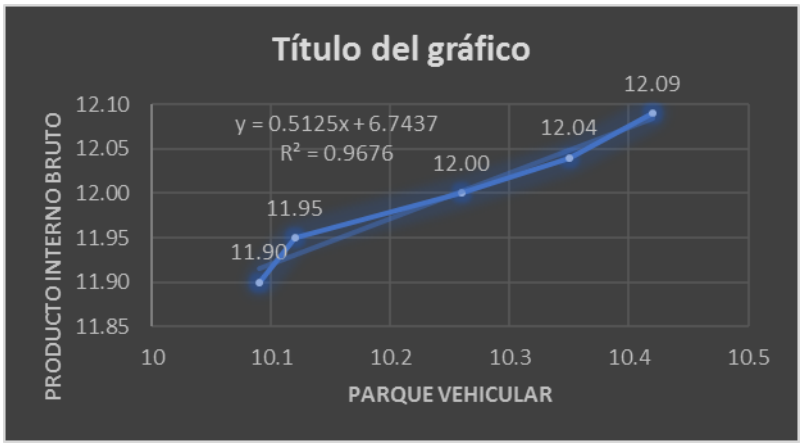
Fuente: Elaboración Propia

La elasticidad de este análisis de correlación Parque vehicular – Consumo de combustible nos indica que existe una buena correlación del 80.09% (R^2= 0.8009).

TABLA N°11 PARQUE VEHICULAR VS PRODUCTO INTERNO BRUTO		
Año	**Parque Vehicular (Ln)**	**Producto Intero Bruto (Ln)**
2012	**10.09**	**11.90**
2013	**10.12**	**11.95**
2014	**10.26**	**12.00**
2015	**10.35**	**12.04**
2016	**10.42**	**12.09**

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°5. Correlación Parque Vehicular vs Producto Interno Bruto



Fuente: Elaboración Propia

Los datos del análisis de correlación Parque vehicular – Producto Interno Bruto (PIB), nos indica que existe una excelente correlación del 96.76% (R^2= 0.9676). Luego de analizar los datos anteriores y ver que se obtuvo buena correlación de las variables donde no fue menor al 75% podemos sacar el factor de crecimiento (FC), pero antes hay que calcular el promedio de tasa de crecimiento anual de las cuatro variables que se relacionan con el tráfico respecto al tiempo.

(Ecuación №6)

$$i = \frac{PIB + C.Combustible + C.Poblacional + P.Vehicular}{4}$$

$$i = \frac{3.83\% + 7.89\% + 0.42\% + 6.85\%}{4} = \frac{18.99\%}{4} = 4.7\%$$

Tabla N°12. Tasa Anual de Crecimiento con Respecto al Tiempo

Variable	Coeficiente de	Tasa de Crecimient	Tasad de Crecimiento
PIB	0.9986	3.83	**4.70%**
Consumo de Combustible	0.6938	7.89	
Crecimiento Poblacional	0.9423	0.42	
Parque Vehicular	0.9721	6.85	

Fuente: Elaboración Propia

Ahora que se obtuvo la tasa anual de crecimiento se puede encontrar el Factor de Crecimiento (FC), para los distintos grupos de clasificación de vehículos que transitan por el tramo de estudio por medio de la (Ecuación №5) presentada anteriormente en la pág. 13

Factor de Crecimiento para las diferentes Clasificaciones Vehiculares del diseño:

$$\boldsymbol{FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} = \frac{(1+0.047)^{15} - 1}{0.047} = 21.10}$$

$\boldsymbol{FC\ para\ las\ Clasif.\ Vehiculares\ de\ Diseño = 21.10}$

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Se calcula mediante la siguiente (Ecuación № 4), presentada anteriormente en la pág.12.

$\boldsymbol{TD} = TPDA * Fc * Fs * fc * 365$

TD: Tránsito de Diseño
TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual
FC: Factor de Crecimiento
fs: Factor de Distribución por Sentidos
fc: Factor de Distribución por Carril

Tabla N°13. Tránsito de Diseño

Nº	GRUPO	TIPO DE VEHICULO	TPDA	FACTOR DE CRECIMIENTO (FC)	FACTOR DE DIRECCION (fs)	FACTOR POR CARRIL (fc)	DIAS DEL AÑO	TOTAL (TD)
1	Vehiculos de Pasajeros	Motos	381	21.10	0.50	1.00	365.00	1467,135.75
2		Autos	68	21.10	0.50	1.00	365.00	261,851.00
3		Jeep	5	21.10	0.50	1.00	365.00	19,253.75
4		Camionetas	95	21.10	0.50	1.00	365.00	365,821.25
5		Microbus	1	21.10	0.50	1.00	365.00	3,850.75
6		Minibus > 15p	1	21.10	0.50	1.00	365.00	3,850.75
7		Bus	24	21.10	0.50	1.00	365.00	92,418.00
8	Vehiculos pesados de carga	Liviano de Carga	9	21.10	0.50	1.00	365.00	34,656.75
9		Camion de Carga C-2	10	21.10	0.50	1.00	365.00	38,507.50
10		Camion de Carga C-3	2	21.10	0.50	1.00	365.00	7,701.50
11	Otros	Bicicletas	44	21.10	0.50	1.00	365.00	169,433.00
TOTAL=								2464,480.00

Fuente: Elaboración Propia

Ejemplo: **Para las camionetas**

$$\boldsymbol{TD} = TPDA * Fc * Fs * fc * 365 = (95*21.10*0.50*1.00*365.00) = 365{,}821.25$$

TD Camionetas= 365,821.25

2.11 Determinación de Factores de Ejes Equivalentes

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil.

Para realizar el cálculo del ESAL's de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularan por el camino durante el período de diseño y el factor de equivalencia de carga.

Luego con todos los datos recopilados anteriormente, se realiza la tabla para obtener el valor de ESAL´S que soportaría la vía durante el periodo de diseño estimado, se debe de asumir un valor inicial de SN.

Para este diseño se asumió un numero estructural SN=5 y un índice de serviciabilidad final Pt=2.0. En los Anexos página XV y XVI de las Tablas de los Factores equivalentes de carga se pueden apreciar estos intervalos de valores de números estructurales e índices de serviciabilidad final para ejes simples, tándem y tridem.

Para el cálculo del ESAL'S del carril de diseño, para los pesos por eje los datos fueron tomados de Ministerio de Transporte e Infraestructura – Dirección General de Vialidad - Departamento de Pesos y Dimensiones, para vehículos livianos y vehículos pesados. (Ver Anexo página XVII Tablas de Diagramas de vehículos pesados y Peso Máximo de Vehículos livianos).

El número de ejes se obtiene conociendo la Tránsito de Diseño (TD) y los factores de equivalencia (ESAL'S). Se calcula mediante la siguiente expresión:

(Ecuación №7)

$$\boldsymbol{ESAL´S} = TD * Factor\ ESAL´S$$

TD: Tránsito de diseño

Factor ESAL´S (MTI)

Ejemplo: **Para las camionetas**

Tabla Nº14. Datos de Interpolación lineal

Tipo de Vehiculo	Nº de Ejes	Peso en KIPS	Factor ESAL´s Ejes simples, SN=5 y Pt=2.0
Camioneta	Eje 1	2.20	2 KIPS= 0.0002
			2.20 KIPS= 0.0003
	Eje 2	4.40	4.0 KIPS= 0.002
			4.40 KIPS= 0.003

Fuente: Elaboración Propia

Ejemplos del procedimiento de cálculo de los ESAL´s de Diseño.

Ejemplo #1: **Para Camionetas**

(Primer eje 2.20KIPS)

ESAL´s= TD*Factor ESAL´s= 365,821.25*0.0003= 109.75

(Segundo eje 4.40KIPS)

ESAL´s= TD*Factor ESAL´s= 365,821.25*0.003= 1097.46

Ejemplo #2: **para camiones de carga C2**

(Primer eje 11.00KIPS)

ESAL´s= TD*Factor ESAL´s= 38,507.50*0.095= 3658.21

(Segundo eje 22.00KIPS)

ESAL´s= TD*Factor ESAL´s= 365,821.25*2.35= 859,679.94

Ejemplo #3: **Para buses**

(Primer eje 9.00KIPS)

ESAL´s= TD*Factor ESAL´s= 92,418.00*0.041=3789.14

(Segundo eje 11.00KIPS)

ESAL´s= TD*Factor ESAL´s= 365,821.25*0.095= 34,753.02

Tabla Nº15: ESAL´s de Diseño

Nº	GRUPO	TIPO DE VEHICULO	Peso x eje en (TON)	Peso x eje en (KIPS)	Tipo de eje	TD	Factores ESAL´s	TOTAL (TD)
1	Vehiculos de Pasajeros	Motos	1.00	2.20	Simple	1467,135.75	0.0003	440.14
		Autos	1.00	2.20	Simple	261851.00	0.0003	78.56
2			1.00	2.20	Simple		0.0003	78.56
		Jeep	1.00	2.20	Simple	19253.75	0.0003	5.78
3			1.00	2.20	Simple		0.0003	5.78
		Camionetas	1.00	2.20	Simple	365821.25	0.0003	109.75
4			2.00	4.40	Simple		0.0030	1,097.46
		Microbus	2.00	4.40	Simple	3850.75	0.0030	11.55
5			4.00	8.80	Simple		0.0460	177.13
		Minibus > 15p	4.00	8.80	Simple	3850.75	0.0460	177.13
6			8.00	17.60	Simple		0.9210	0.00
		Bus	4.50	9.90	Simple	92418.00	0.0760	7,023.77
7			5.00	11.00	Simple		0.1200	11,090.16
		Liviano de Carga	4.00	8.80	Simple	34656.75	0.0460	1,594.21
8	Vehiculos pesados de carga		8.00	17.60	Simple		0.9210	31,918.87
		Camion de Carga C-2	5.00	11.00	Simple	38507.50	0.1200	4,620.90
9			10.00	22.00	Simple		2.3500	90,492.63
		Camion de Carga C-3	5.00	11.00	Simple	7701.50	0.1200	924.18
10			16.50	36.30	Doble		1.4300	11,013.15
TOTAL=								160,859.69

Fuente: Elaboración Propia

III. Estudio de Suelo

3.1 Definición de Suelo

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

En este capítulo se mencionaran los métodos y elementos utilizados para llevar a cabo el estudio de suelos además de los datos que presenta el informe para las comunidades que están en el tramo a diseñar, por medio del cual se conocen las características tanto físicas como mecánicas del mismo para evaluar si se requiere un tratamiento o una reposición con material de préstamo en las capas que lo requieran, por lo que también se analizarán datos de los bancos de materiales ubicados en el tramo.

Los datos fueron proporcionados por EDICO, empresa que realizo diseño de los primeros 10km y poseía estudios del material de banco.

Cabe señalar que el diseño de adoquinado, se hará en base al método de diseño de pavimento flexible de la AASHTO-93, con el objetivo de analizar e interpretar: análisis granulométrico de los suelos, Limite líquido de los suelos, Índice de plasticidad de los suelos, Pesos Unitarios (Banco de Materiales), Ensaye de densidad Proctor Estándar (Banco de Materiales), Ensaye CBR (Banco de Materiales).

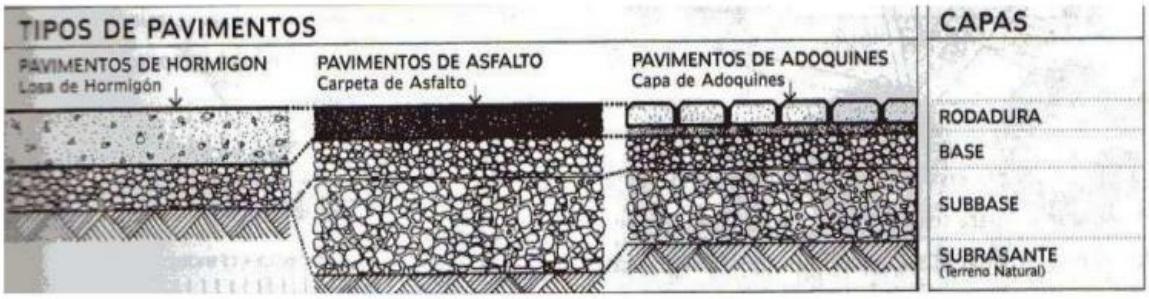
Con el propósito de conocer las condiciones y características del sub-suelo se practicaron los siguientes parámetros:

- Sondeos manuales en toda la longitud del tramo con una profundidad máxima de 1.50 metros, ubicándose de manera alterna a la izquierda, centro y derecha del eje central del camino, a una distancia entre sondeos de 100 metros.
- Sondeos manuales en bancos de materiales, las cuales puedan suplir material de base y/o sub-base de calidad adecuada para el tramo.
- Ensayos de laboratorio a las muestras provenientes de los sondeos manuales tanto para el tramo de diseño como para el banco de préstamo.

3.2 Materiales que forman la estructura de pavimento con adoquín.

El pavimento semi rígido o pavimento de adoquín al igual que los pavimentos de asfalto pueden tener una base o una base con una subbase que pueden tener espesores ligeramente inferiores a los utilizados en los pavimentos de asfalto. Estas capas superpuestas una sobre otra de manera que se transmitan las cargas (que sobre este pavimento pasarán o permanecerán) hasta la capa inferior de suelo natural (sub-rasante) que es donde se disipan en su totalidad las cargas, de modo que cada capa sufra las menores deformaciones posibles al transmitir dichas cargas, todo esto sin omitir su capa de rodadura que está conformada por adoquines de hormigón sólido, independientes uno de otro con una geometría uniforme colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena cribada entre sus juntas.

Imagen 1. Comparación de estructuras de Pavimentos



Fuente: Google

3.3 Sub – Rasante.

La Sub rasante es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde la transito previsto.

Inicialmente cuando secomenzaron a efectuar los primeros diseños de paviment o, este concepto estaba basado en las propiedades de la subrasante tales como" Granulometría, Plasticidad, Clasificación de suelos, Resistencia al corte, Susceptibilidad a las ariaciones de temperatura y Drenaje.

Posteriormente se tomaron en cuenta las propiedades básicas de la subrasante y se analizaron otro tipo de ensayos que permitieran conocer en menor forma el comportamiento de estos suelos. Se efectuaron ensayos utilizando cargas estáticas o de baja velocidad de deformación tales como el CBR, ensayos de compresión simple.

Las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000 sección. 203.11 (b), 1003.21, 1003.24 para el uso de suelo como sub rasante se aprecian en la siguiente tabla:

TABLA Nº16. Especificaciones para terraplenes y material para SubRasante

Nº	Propiedad	Terrapenes	Capa SubRasante	Metodologia
1	% de Malla Nº200	40% Max	30% Max	AASHTO T-11
2	Limite Liquido	40% Max	30% Max	AASHTO T-89
3	Indice Plastico	15% Max	10% Max	AASHTO T-90
4	CBR	10% Min	20% Min	AASHTO T-193
5	Compactacion	95% Min del peso volumetrico seco max obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-99)	95% Min del peso volumetrico seco max obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/o T-238 (in situ)

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-2000)

3.4 Sub Base

Se denomina sub base a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos.

Es la que se encarga de absorber las variaciones propias del suelo debido a las cargas del tránsito de modo que la Sub-rasante no sea afectada directamente, visto de otra manera la sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad en la sub-rasante, que de no ser retenidos por la sub-base ocasionarían daños serios a la sub-rasante.

La sub-base se utiliza además como capa de drenaje y de control de ascensión capilar de agua, protegiendo así la capa de pavimento, por lo que generalmente se utilizan materiales granulares.

3.5 Base

Es una capa de materiales pétreos que tiene la función primordial de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub – base y por medio de ella a la sub- rasante. Por otra parte, esta capa es la que recibe sobre sí misma la carpeta de rodamiento, en este caso los adoquines de hormigón.

Las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000 Sección: 1003.09 (a y b), 1003.23.II (b) para el uso de material base se aprecian en la siguiente tabla:

TABLA Nº17. Especificaciones para Material de Base

Nº	Propiedad	Especificaciones	Metodologia
1	Limite Liquido	25% Max	AASHTO T-89
2	Indice Plastico	15% Max	AASHTO T-90
3	CBR	60% Min	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Angeles	50% Max	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Max	AASHTO T-104
6	Compactacion	95% Min del peso volumetrico seco max obtenido por medio de la prueba proctor modificado	AASHTO T-191

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-2000)

3.6 Trabajos de campo y ensayos de laboratorio

Según datos proporcionados por la Alcaldía Municipal de Condega la cual consta con los datos de los sondeos de línea realizados por la empresa consultora EDICO, en la longitud del tramo en estudio se realizaron sondeos en promedio de no mayor de 100 metros y se procedió a la ejecución de 50 sondeos manuales con una profundidad máxima de 1.50 metros cada uno ubicándose de manera alterna a la izquierda y derecha del eje central. Se hizo un recorrido en los alrededores del proyecto con el propósito de identificar, localizar y muestrear posibles fuentes de materiales, las cuales puedan suplir material de base y/o sub-base de adecuada calidad al proyecto.

Las muestras obtenidas en el campo, se examinaron y clasificaron In Situ por el personal de campo, tomándose muestras alteradas, correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayes básicos.

A continuación, se indican los tipos de ensayes efectuados y la designación A.A.S.H.T.O. correspondiente: (*) Ensaye realizado solo a Banco de Materiales.

TABLA Nº18. Ensayos de laboratorio

Tipo de Ensayo	Designacion AASHTO
Analisis Granulometrico	T 27 - 88
Limite Liquido	T 89 - 90
Indice de Plasticidad	T 90 - 97
Pesos Unitarios	T 19 - 88
Proctor Modificado	T 180 - 90
CBR	T 193 - 81

Fuente: Laboratorio de Materiales INCOSA

3.7 Clasificación de las muestras

Para la clasificación de las muestras por medio de la AASHTO es necesario conocer el informe granulométrico de las mismas a modo de conocer el porcentaje de retención de partículas por cada tamiz. Además de lo antes mencionado es necesario conocer el índice de grupo y la consistencia del suelo, la cual se conoce a partir de los límites de Atterberg.

3.7.1 Muestras obtenidas en el tramo

Se puede observar que se encontraron diferentes tipos de materiales en algunos casos hasta cinco capas de materiales en el rango de profundidad explorada desde la superficie hasta 1.5m máximo. Siendo de dos, tres, cuatro y cinco capas la estructura del suelo existente con el 29%, 49%, 16% y 6% de los sitios explorados, respectivamente.

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

Es muy importante destacar que debajo de la primera capa de materiales, se encuentran una o dos capas de materiales con características y propiedades bastante similares a los de la primera capa, es decir los del tipo granular arriba descritos.

Los resultados de laboratorio obtenidos en estas capas de materiales a lo largo de la alineación del camino para este tramo, se presentan detalladamente resumidos en las tablas de la página 36 a la página 40 de este documento. De acuerdo a estos resultados, específicamente la granulometría, plasticidad y clasificación AASHTO, existe un predominio absoluto de materiales granulares o

gravo arenosos y un bajo porcentaje de materiales finos limosos o arcillosos en capas inferiores.

De acuerdo con la estructura de materiales que conforman el camino, así como las características y propiedades geotécnicas que poseen los mismos se puede concluir de manera general que constituyen un muy buen terreno para propósitos de construcción y/o fundación de pavimentos. Para evitar problemas geotécnicos, en ciertos sectores de suelos arcillosos de alta plasticidad se propone subexcavar en los tramos comprendidos entre las estaciones: 17+025 a est. 17+175 y de la est. 17+225 a est. 17+375.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos en base a las tablas de la N°19 a la tabla N°23, de los tipos de suelos encontrados en los sondeos manuales realizados a lo largo del tramo en estudio.

Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

Resultados de Ensayes de Suelos.

Tabla N°19. Sondeos Manuales de Est. 0+000 a Est. 1+000

Sondeo Nº	Estación Km+m	Muestra Nº	Profundidad (cm)		Descripción del Material	Granulometria										Limites		Clasificación	
			De	A		3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	GP	IG
1	0+000	1	0	25	Grava Arcillosa Limosa y con Arena	100	97	93	75	68	52	39	35	28	16	22	5	A-1-b	0
		2	25	150	Grava probablemete graduada con arcilla	100	98	91	58	46	25	15	15	13	9	39	14	A-2-6	0
2	0+100	1	0	10	Grava limosa con arena	100	87	72	61	54	44	33	29	21	13	-	NP	A-1-a	0
		2	10	22	Grava limosa con arena	100	92	91	76	72	60	47	39	29	19	27	5	A-1-b	0
		3	22	35	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	97	93	75	68	52	39	35	28	16	22	5	A-1-b	0
		4	35	150	Grava arcillosa con arena	100	94	82	73	66	52	38	34	26	21	32	10	A-2-4	0
3	0+200	1	0	20	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	97	93	75	68	52	39	35	28	16	22	5	A-1-b	0
		2	20	60	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	92	89	83	78	60	46	39	29	22	41	10	A-2-5	0
		3	60	150	Arena arcillosa con grava	100	100	100	100	100	92	68	60	40	30	46	20	A-2-7	1
4	0+300	1	0	30	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	97	93	75	68	52	39	35	28	16	22	5	A-1-b	0
		2	30	110	Grava probablemente gradada con arena	100	91	68	46	38	27	20	16	9	4	31	14	A-2-6	0
5	0+400	1	0	15	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	97	93	75	68	52	39	35	28	16	22	5	A-1-b	0
		2	15	60	Grava arcillosa con arena	100	100	99	97	94	68	40	33	26	21	52	31	A-2-7	0
		3	60	150	Grava arcillosa con arena	100	100	99	97	94	68	40	33	26	21	52	31	A-2-7	0
6	0+500	1	0	30	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	97	93	75	68	52	39	35	28	16	22	5	A-1-b	0
		3	30	70	Grava probablemente gradada con arcilla y arena	93	79	72	63	60	45	31	22	15	11	32	9	A-2-4	0
		4	70	150	Grava Arcillosa con Arena	100	98	97	95	94	83	64	59	50	41	44	20	A-7-6	4
7	0+600	1	0	8	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	98	86	77	59	43	37	25	15	24	7	A-2-4	0
		2	8	25	Grava limosa con arena	100	87	83	74	70	59	49	43	31	21	-	NP	A-1-b	0
		3	25	110	Grava limosa con arena	100	81	73	59	55	44	34	27	20	14	-	NP	A-1-a	0
		4	110	150	Grava limosa con arena	100	98	96	92	90	79	60	55	46	38	31	4	A-7-6	0
8	0+700	1	0	10	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	98	86	77	59	43	37	25	15	24	7	A-2-4	0
		2	10	70	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	100	97	90	73	57	49	38	21	24	4	A-1-b	0
		3	70	150	Arena arcillosa	100	100	100	100	100	100	100	86	64	46	48	23	A-7-6	7
9	0+800	1	0	20	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	98	86	77	59	43	37	25	15	24	7	A-2-4	0
		2	20	80	Grava limosa con arena	100	98	96	92	90	79	60	55	46	38	31	4	A-7-6	0
		3	80	150	Grava limosa con arena	100	100	98	92	90	67	45	35	25	18	45	17	A-2-7	0
10	0+900	1	0	55	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	98	86	77	59	43	37	25	15	24	7	A-2-4	0
		2	55	150	Grava limosa con arena	100	100	98	92	90	67	45	35	25	18	45	17	A-2-7	0
11	1+000	1	0	30	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	96	86	79	60	46	40	31	17	26	6	A-1-b	0
		2	30	60	Grava probablemente gradada con arcilla	100	92	76	56	48	30	21	18	12	7	36	14	A-2-6	0
		3	60	150	Grava probablemente gradada con arcilla y arena	100	88	80	70	64	49	35	30	19	11	43	21	A-2-7	0

Fuente: Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

Resultados de Ensayes de Suelos.

Tabla N°20. Sondeos Manuales de Est. 1+100 a Est. 2+100

Estación	Muestra	Profundidad (cm)		Descripción del Material	Granulometria										Limites		Clasificación	
Km+m	Nº	De	A		3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	GP	IG
1+100	1	0	5	Grava limosa con arena	100	95	84	77	63	60	48	39	27	16	-	NP	A-1-b	0
	2	5	17	Grava limosa con arena	100	100	79	67	59	45	36	26	21	13	-	NP	A-1-a	0
	3	17	30	Grava probablemente gradada con limos y arena	100	85	78	65	53	38	24	15	9	6	-	NP	A-1-a	0
	4	30	70	Grava probablemente gradada con limos y arena	100	77	55	40	34	26	21	15	10	7	-	NP	A-1-a	0
	5	70	150	Arcilla alta con arena	100	100	100	100	100	100	100	97	91	82	55	33	A-7-6	28
1+200	1	0	20	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	96	86	79	60	46	40	31	17	26	6	A-1-b	0
	2	20	150	Grava limosa	100	93	87	70	61	41	28	27	21	14	30	7	A-2-4	0
1+300	1	0	20	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	96	86	79	60	46	40	31	17	26	6	A-1-b	0
	2	20	150	Arena arcillosa	100	100	100	100	100	100	100	99	84	45	34	12	A-6	2
1+400	1	0	15	Grava probablemente gradada con arcilla	100	90	85	63	54	33	23	20	16	12	30	8	A-2-4	0
	2	15	150	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	94	91	79	72	56	42	36	27	16	25	5	A-1-b	0
1+500	1	0	25	Grava probablemente gradada con arcilla	100	90	85	63	54	33	23	20	16	12	30	8	A-2-4	0
	2	25	55	Limos con arena	100	100	100	100	100	100	100	98	91	82	49	13	A-7-5	14
	3	55	150	Grava limosa con arena	100	90	88	85	82	75	60	56	52	43	37	8	A-7-6	1
1+600	1	0	12	Grava limosa con arena	100	95	84	77	63	60	48	39	27	16	-	NP	A-1-b	0
	2	12	40	Grava limosa con arena	100	87	81	68	61	52	43	38	27	16	-	NP	A-1-b	0
	3	40	90	Limos con arena	100	100	100	100	100	100	100	97	92	82	42	9	A-5	9
	4	90	150	Arena limosa con grava	100	98	94	88	85	72	61	57	42	18	28	5	A-1-b	0
1+700	1	0	10	Grava probablemente gradada con arcilla	100	90	85	63	54	33	23	20	16	12	30	8	A-2-4	0
	2	10	25	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	94	91	79	72	56	42	36	27	16	25	5	A-1-b	0
	3	25	150	Arena limosa con grava	100	98	94	88	85	72	61	57	42	18	28	5	A-1-b	0
1+800	1	0	10	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	96	95	86	80	63	48	40	30	17	24	6	A-1-b	0
	2	10	35	Grava Arcillosa con Arena	90	87	81	75	68	56	40	29	20	15	47	20	A-2-7	0
	3	35	150	Grava limosa	100	92	87	77	69	54	40	37	35	30	52	20	A-2-7	0
1+900	1	0	20	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	96	95	86	80	63	48	40	30	17	24	6	A-1-b	0
	2	20	50	Limos	100	100	100	100	100	100	100	97	93	86	40	11	A-6	11
	3	50	150	Grava Arcillosa con Arena	90	87	81	75	68	56	40	29	28	15	47	20	A-2-7	0
2+000	1	0	15	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	96	95	86	80	63	48	40	30	17	24	6	A-1-b	0
	2	15	150	Grava probablemente gradada con limos y arena	79	70	61	50	45	37	25	19	13	9	47	9	A-2-5	0
2+100	1	0	10	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	96	95	86	80	63	48	40	30	17	24	6	A-1-b	0
	2	10	25	Grava probablemente gradada con limos y arena	100	79	67	53	48	36	26	18	10	5	-	NP	A-1-a	0
	3	25	90	Grava Arcillosa con Arena	90	70	67	60	57	46	32	26	19	16	51	22	A-2-7	0
	4	90	150	Grava limosa con arena	100	80	66	60	54	42	30	25	18	14	-	NP	A-1-a	0

Fuente: Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

Resultados de Ensayes de Suelos.

Tabla N°21. Sondeos Manuales de Est. 2+200 a Est. 3+200

Estación	Muestra	Profundidad (cm)		Descripción del Material	Granulometria										Limites		Clasificación	
Km+m	Nº	De	A		3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	GP	IG
2+200	1	0	20	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	96	95	86	80	63	48	40	30	17	34	6	A-1-b	0
	2	20	40	Grava limosa con arena	100	88	83	80	75	60	40	31	23	16	30	6	A-1-b	0
	3	40	80	Grava probablemente gradada con arcilla	66	45	39	35	33	25	16	12	8	6	45	27	A-2-7	0
2+300	1	0	10	Grava probablemente gradada con arcilla limosa con arena	100	92	88	72	64	48	36	30	22	12	25	5	A-1-a	0
	2	10	90	Grava probablemente gradada con arcilla limosa con arena	100	92	88	72	64	48	36	30	22	12	25	5	A-1-a	0
2+400	1	0	5	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	96	95	86	80	63	48	40	30	17	24	6	A-1-b	0
	2	5	110	Grava Arcillosa con Arena	100	93	87	76	68	50	35	29	21	16	26	8	A-2-4	0
2+500	1	0	5	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	96	95	86	80	63	48	40	30	17	24	6	A-1-b	0
	2	5	50	Grava Limosa con Arena	100	92	88	83	80	71	49	45	39	28	40	13	A-2-6	0
	3	50	150	Grava Limosa con Arena	100	100	92	87	82	63	41	31	24	20	56	21	A-2-7	0
2+600	1	0	15	Grava Limosa con Arena	100	100	87	71	65	51	39	33	21	13	-	NP	A-1-a	0
	2	15	30	Grava Arcillosa con Arena	100	95	77	66	60	47	36	30	22	14	43	22	A-2-7	0
	3	30	90	Grava Arcillosa con Arena	100	86	78	66	62	53	38	31	25	19	41	20	A-2-7	0
	4	90	150	Grava Arcillosa con Arena	100	90	78	68	58	46	40	32	35	15	43	17	A-2-7	0
2+700	1	0	30	Grava probablemente gradada con arcilla limosa con arena	100	96	90	75	66	47	33	28	20	12	22	5	A-1-a	0
	2	30	90	Grava limosa	86	83	78	75	71	58	40	38	35	31	44	8	A-2-5	0
	3	90	150	Grava Arcillosa con Arena	100	93	87	76	68	50	35	29	21	16	26	8	A-2-4	0
2+800	1	0	40	Grava probablemente gradada con arcilla limosa con arena	100	96	90	75	66	47	33	28	20	12	22	5	A-1-a	0
	2	40	150	Grava limosa	100	92	90	84	79	67	54	52	49	43	42	10	A-5	2
2+900	1	0	10	Grava Arcillosa con Arena	100	96	92	84	80	63	44	34	24	18	55	27	A-2-7	0
	2	10	70	Grava Arcillosa con Arena	100	95	94	93	89	70	51	45	37	26	37	9	A-2-4	0
	3	70	150	Arcilla alta	100	100	100	100	100	100	100	99	99	96	60	34	A-7-6	38
3+00	1	0	15	Grava Arcillosa con Arena	100	96	92	84	80	63	44	34	34	18	55	37	A-2-7	0
	2	15	90	Grava Arcillosa con Arena	83	79	79	72	68	55	33	27	22	17	50	26	A-2-7	0
	3	90	150	Arcilla alta	100	100	100	100	100	100	100	99	99	96	60	34	A-7-6	38
3+100	1	0	20	Grava probablemente gradada con arcilla y arena	100	87	75	63	56	43	34	26	17	12	51	30	A-2-7	0
	2	20	40	Grava Arcillosa con Arena	100	95	95	90	87	76	58	49	36	36	58	38	A-2-7	0
	3	40	150	Grava Arcillosa con Arena	100	90	78	68	58	46	40	32	25	15	43	17	A-2-7	0
3+200	1	0	10	Grava Arcillosa con Arena	100	96	92	84	80	63	44	34	24	18	55	27	A-2-7	0
	2	10	25	Grava Arcillosa con Arena	100	100	88	78	70	55	39	33	26	19	29	9	A-2-4	0
	3	25	150	Grava Arcillosa con Arena	100	90	86	82	79	65	43	35	30	32	33	13	A-2-6	0

Fuente: Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

Resultados de Ensayes de Suelos.

Tabla N°22. Sondeos Manuales de Est. 3+300 a Est. 4+200

Estación	Muestra	Profundidad (cm)		Descripción del Material	Granulometria										Limites		Clasificación	
Km+m	Nº	De	A		3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	GP	IG
3+300	1	0	20	Grava Arcillosa con Arena	100	96	92	84	80	63	44	34	24	18	55	27	A-2-7	0
	2	20	35	Grava Arcillosa con Arena	100	93	86	80	74	60	47	42	32	17	27	8	A-2-4	0
	3	35	100	Grava Arcillosa con Arena	100	90	86	82	79	65	43	35	30	22	33	13	A-2-6	0
3+400	1	0	5	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	100	95	87	64	48	39	39	18	21	5	A-1-b	0
	2	5	40	Grava Arcillosa con Arena	100	93	86	80	74	60	47	42	32	17	27	8	A-2-4	0
	3	40	150	Grava Arcillosa con Arena	100	100	88	78	70	55	39	33	36	19	29	9	A-2-4	0
3+500	1	0	30	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	100	95	87	64	48	39	29	18	21	5	A-1-b	0
	2	30	70	Grava Arcillosa con Arena	100	91	85	78	73	61	44	37	25	18	40	15	A-2-6	0
	3	70	150	Grava Arcillosa con Arena	100	91	85	78	73	61	44	37	25	18	40	15	A-2-6	0
3+600	1	0	20	Grava probablemente gradada con limos	79	66	54	43	39	29	21	16	10	7	39	5	A-1-a	0
	2	20	65	Grava probablemente gradada con limos y arena	100	90	75	68	50	42	30	35	21	12	36	7	A-2-4	0
	3	65	120	Grava Arcillosa	100	84	64	50	45	34	28	24	20	16	48	28	A-2-7	0
	4	120	150	Grava limosa con arena	100	85	76	67	63	49	34	28	20	15	-	NP	A-1-a	0
3+700	1	0	40	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	100	95	87	64	48	39	29	18	21	5	A-1-b	0
	2	40	150	Arcilla alta arenosa	100	100	100	100	100	100	100	84	69	60	74	48	A-7-6	26
3+800	1	0	30	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	100	95	87	64	48	39	29	18	21	5	A-1-b	0
	2	30	150	Limo elastico	100	100	100	100	100	100	100	97	92	87	57	11	A-7-5	15
3+900	1	0	20	Grava Arcillosa con Arena	100	91	79	70	60	44	34	27	20	13	27	8	A-2-4	0
	2	20	70	Grava limosa con arena	100	100	99	95	91	72	48	34	21	14	43	16	A-2-7	0
	3	70	150	Grava Arcillosa con Arena	100	96	94	86	81	65	45	33	20	15	45	22	A-2-7	0
4+000	1	0	10	Grava Arcillosa con arena	100	91	79	70	60	44	34	27	20	13	27	8	A-2-4	0
	2	10	40	Grava limosa con arena	100	100	99	95	91	72	48	34	21	14	43	16	A-2-7	0
	3	40	110	Grava limosa con arena	100	100	99	95	91	72	48	34	21	14	43	16	A-2-7	0
4+100	1	0	8	Grava Arcillosa con Arena	100	91	79	70	60	44	34	27	20	13	27	8	A-2-4	0
	2	8	18	Grava Limosa con Arena	100	96	93	83	76	58	43	35	24	17	-	NP	A-1-b	0
	3	18	28	Grava probablemente gradada con limos y arena	100	100	100	94	88	66	38	21	10	7	50	14	A-2-7	0
	4	28	90	Grava limosa con arena	100	100	99	95	91	72	48	34	21	14	43	16	A-2-7	0
	5	90	150	Limo elastico con Arena	100	100	100	100	100	100	100	97	91	81	62	30	A-7-5	27
4+200	1	0	30	Grava Arcillosa con Arena	100	91	79	70	60	44	34	27	20	13	27	8	A-2-4	0
	2	30	50	Grava Limosa con Arena	100	100	99	95	91	72	48	34	21	14	43	16	A-2-7	0
	3	50	150	Limo elastico con Arena	100	100	100	100	100	100	100	97	91	81	62	30	A-7-5	27

Fuente: Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

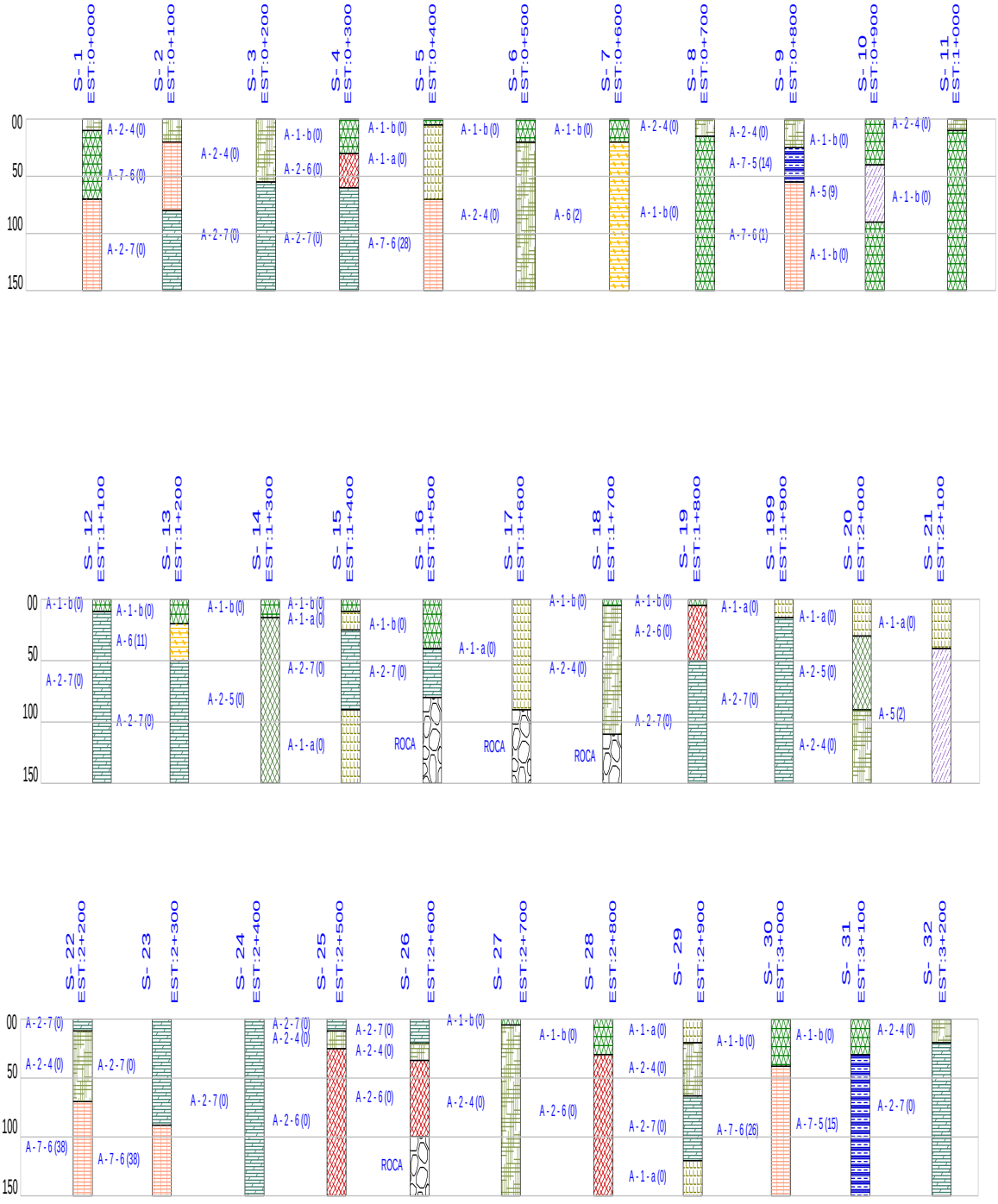
Resultados de Ensayes de Suelos.

Tabla N°23. Sondeos Manuales de Est. 4+300 a Est. 5+000

Sondeo Nº	Estación	Muestra	Profundidad (cm)		Descripción del Material	Granulometria										Limites		Clasificación	
	Km+m	Nº	De	A		3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	GP	IG
44	4+300	1	0	20	Grava Arcillosa con Arena	100	91	79	70	60	44	34	27	20	13	27	8	A-2-4	0
		2	20	30	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	94	90	74	66	47	35	29	20	13	25	6	A-1-a	0
		3	30	130	Areana arcillosa	100	100	100	100	100	100	100	95	66	36	35	11	A-6	0
45	4+400	1	0	25	Grava Arcillosa con Arena	100	91	79	70	60	44	34	27	20	13	27	8	A-2-4	0
		2	25	40	Grava Arcillosa Limosa con Arena	100	100	100	96	92	77	59	54	45	38	28	6	A-4	0
		3	40	150	Grava Arcillosa con Arena	100	96	94	86	81	65	45	33	20	15	45	22	A-2-7	0
46	4+500	1	0	10	Grava Arcillosa con Arena	100	91	79	70	60	44	34	27	20	13	27	8	A-2-4	0
		2	10	40	Grava probablemente gradada con arcilla y arena	100	88	75	66	63	47	30	23	15	11	38	16	A-2-6	0
47	4+600	1	0	10	Grava probablemente gradada con limos y arena	100	100	85	68	57	39	26	16	12	8	35	6	A-1-a	0
		2	10	22	Grava probablemente gradada con limos y arena	100	82	79	67	58	45	34	26	18	12	36	11	A-2-6	0
		3	22	75	Grava probablemente gradada con arcilla y arena	100	88	79	69	65	52	40	28	16	12	39	17	A-2-6	0
		4	75	110	Grava limosa con arena	100	100	84	79	79	69	57	53	45	37	-	NP	A-4	0
		5	110	150	Limo elastico con Arena	100	100	100	100	100	100	100	97	91	81	62	30	A-7-5	27
48	4+700	1	0	20	Grava Arcillosa con Arena	100	93	86	74	67	52	39	32	22	15	22	8	A-2-4	0
		2	20	35	Grava Arcillosa con Arena	100	82	80	72	68	53	40	35	26	19	40	16	A-2-6	0
		3	35	60	Grava limosa con arena	100	100	98	92	90	76	58	51	44	39	40	5	A-4	0
		4	60	150	Limo elastico con Arena	100	100	100	100	100	100	100	92	85	78	78	38	A-7-5	34
49	4+800	1	0	10	Grava Arcillosa con Arena	100	93	86	74	67	52	39	32	22	15	22	8	A-2-4	0
		2	10	150	Arena arcillosa con grava	94	87	87	86	84	76	62	52	35	24	40	18	A-2-6	0
50	4+900	1	0	10	Grava Arcillosa con Arena	100	94	85	77	70	51	34	25	18	14	28	11	A-2-6	0
		2	10	80	Grava Arcillosa con Arena	100	94	85	77	70	51	34	25	18	14	28	11	A-2-6	0
51	5+00	1	0	10	Grava Arcillosa con Arena	100	93	86	74	67	52	39	32	22	15	22	8	A-2-4	0
		2	10	150	Grava Arcillosa con Arena	93	74	66	59	54	44	35	29	21	16	30	12	A-2-6	0

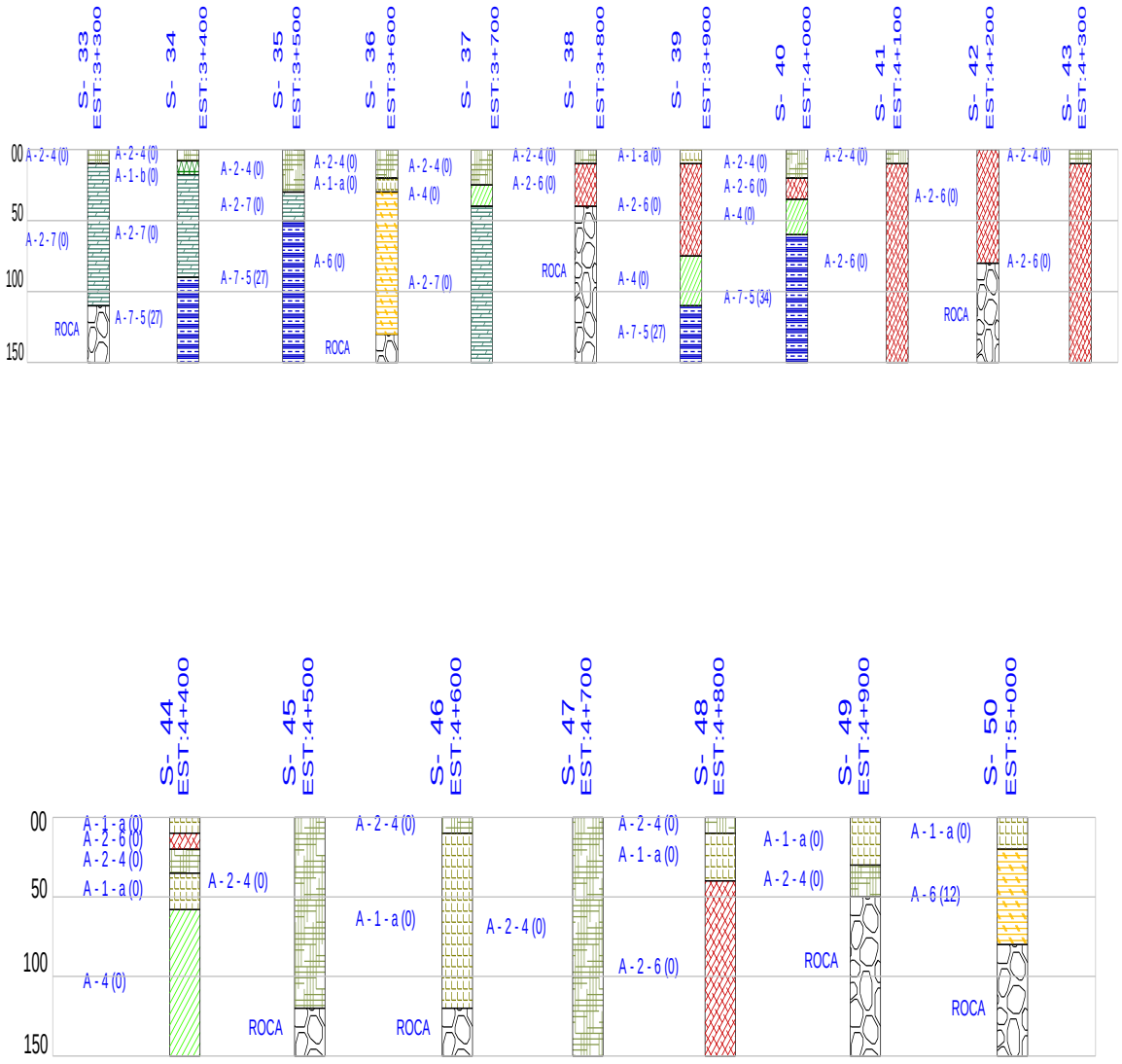
Fuente: Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

Imagen 2. Estratigrafía de Est. 0+000 a Est. 3+200



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 3. Estratigrafía de Est. 3+300 a Est. 5+000



Fuente: Elaboración Propia

3.8 Resultados Obtenidos

Todo el camino se encuentra revestido con materiales granulares de buena calidad y presenta buen comportamiento tanto estructural como funcionalmente. Posteriormente se efectuó el análisis de laboratorio en los materiales representativos muestreados, para obtener su clasificación definitiva según la metodología AASHTO M-145 y de esta manera definir el perfil estratigráfico o estructura de materiales de pavimento existente a lo largo del camino (Ver Perfil Estratigráfico en páginas 34 y 35 de este documento).

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

Los suelos limo arcillosos se ubican en las capas inferiores y constituyen el terreno natural y/o sub rasante del camino. Predominan los del tipo A-7-6, A-7-5 y A-6 con un menor porcentaje los tipos A-4 y A-5.

3.9. Calculo del CBR de Diseño

Para determinar el CBR de Diseño (California Bearing Ratio: Valor de Soporte California), que es la resistencia al corte del suelo expresada en porcentaje y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para las capas de la estructura de pavimento (Subrasante, Subbase y Base).

Uno de los métodos más utilizados para calcular el CBR de diseño es el propuesto por el Instituto Chileno de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total que el 60%, el 75%, o el 87.5% de los valores individuales obtenidos que sea iguales o mayor que él, de acuerdo con el transito que se espera que circule sobre el pavimento. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 25: Limite para la selección de resistencias

Nº de ejes ESAL´S en carril de Diseño	Percentil para hallar el CBR de Diseño
< a 10,000 ESAL´S	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL´S	75
> a 1,000,000 ESAL´S	87.5

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO-93.

En la elaboración del estudio de tránsito, se obtiene que el tránsito para el carril de diseño equivale a **160,733.39 Re/Carril de Diseño,** siendo evidente que el rango a utilizar es el segundo que esta entre 10,000 y 1,000,000 ejes equivalentes ESAL'S y por ende el percentil para calcular CBR de Diseño es **75%.**

A continuación, se muestra el procedimiento para seleccionar el CBR de diseño:
1- En la primera columna de la Tabla 27 pág. 44 se ordenan las muestras de los sondeos manuales que se hicieron a lo largo del tramo en diseño.

2- En la segunda columna de la Tabla 27 se ubica el tipo de suelo que se presentó para cada sondeo del tramo de diseño por medio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO-93; análisis que realizo el Laboratorio de Materiales y Suelos INGENICA.

3- Y para la tercera columna de la Tabla 27 se establecieron los valores de CBR calculados en laboratorio los cuales se muestran en la tabla 26 a continuación:

Tabla N°26: Valores de CBR

Estación Km+m	Profundidad (cm)		Descripción del Material	Clasificación AASHTO		Densidad Seca	Humedad Optima	Valor de CBR (%)		
	De	A		GP	IG	Kg/m3	%	90%	95%	100%
0+000	0	1	Grava Arcillosa con Arena	A-2-4	0	1730	14	7	10	12
0+500	0	1	Grava Arcillosa con Arena	A-2-4	0	1750	15	6	10	12
1+000	0	1	Grava arcillosa con arena	A-2-7	0	1570	20	7.5	10	13
1+500	0	1	Limos con arena	A-5	9	1509	24	9	15	19
2+000	0	1	Grava Arcillosa con Arena	A-2-7	0	1500	20	8	15	18
2+500	0	1	Grava arcillosa con arena	A-2-7	0	1764	20	25	30	34
3+000	0	1	Grava arcillosa con arena	A-2-7	0	1603	24	24	30	32
3+500	0	1	Grava arcillosa	A-2-7	0	1709	23	26	30	33
4+000	0	1	Grava arcillosa con arena	A-2-7	0	1570	20	8	10	11
4+500	0	1	Grava limosa con arena	A-4	0	1470	28	10	15	18
5+000	0	1	Grava limosa	A-4	0	1470	28	12	15	17

Fuente: Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

Tabla N°27: Resistencias de los sondeos

Estación Km+m	Clasificación AASHTO	CBR encontrado
	GP	95%
0+000	A-2-4	10
0+500	A-2-4	10
1+000	A-2-7	10
1+500	A-5	15
2+000	A-2-7	15
2+500	A-2-7	30
3+000	A-2-7	30
3+500	A-2-7	30
4+000	A-2-7	10
4+500	A-4	15
5+000	A-4	15

Fuente: Elaboración propia

Ahora que se obtuvieron los valores CBR se procede a calcular los valores en porcentaje de estos mismos con el siguiente procedimiento:

- Ordenar CBR de menor a mayor
- Encontrar los CBR mayores o iguales a cada uno
- Dividir el número de CBR entre el Numero de CBR mayor multiplicado por 100
- Graficar puntos con el valor de CBR y el resultado final.
- Interceptar la gráfica con el percentil del tipo de tránsito.

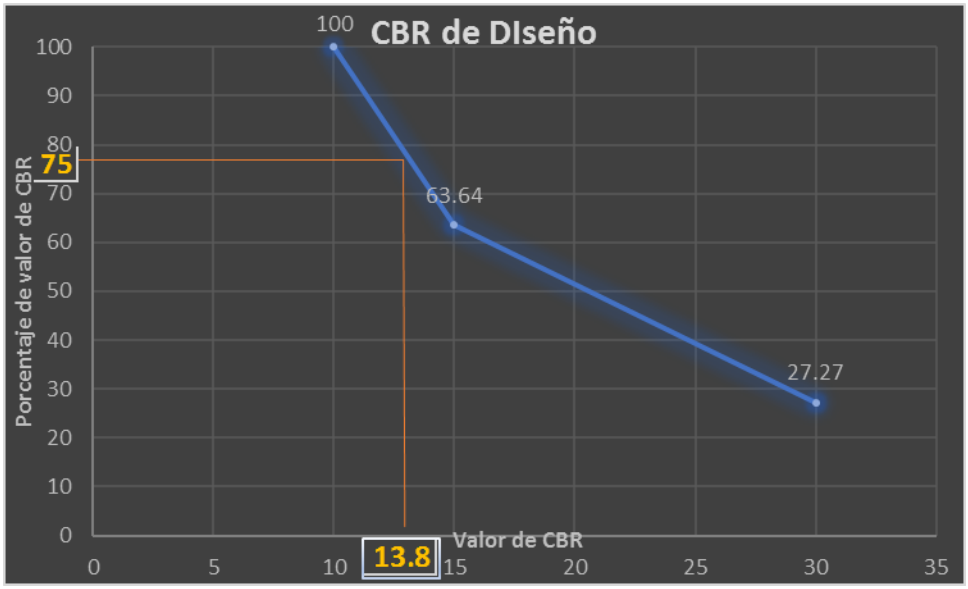
Tabla N°28: Limites de resistencia de los sondeos

CBR encontrado	Numero de valores iguales o mayores	Porcentaje de Valores
10	11	100
15	7	63.64
30	3	27.27

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que ya se tienen los porcentajes de CBR encontrados se dibuja un gráfico que relacione los valores de CBR con los porcentajes anteriormente calculados en la Tabla 28 generando una curva para interceptarse con el CBR de diseño respecto al Percentil de Diseño que se estableció.

Gráfico N°6. CBR de Diseño



Fuente: Elaboración Propia

Aplicando el método del instituto de Asfalto, se ha elegido un C.B.R de diseño para la sub rasante de 13.80%, siendo este un valor representativo de los valores encontrados en los sondeos manuales.

Nota: Todos los materiales encontrados en la exploración son considerados de regulares a buenos (granulares) y malos (finos) como materiales de cimentación de terraplenes o estructuras de pavimento. Dentro del análisis de ensayes de C.B.R de diseño para niveles de Sub-rasantes corresponde al 13.80%.

TABLA Nº29. Niveles de seguridad para Subrasante

C B R	Clasificacion
0 - 5	SubRasante de muy mala calidad
5 - 10	SubRasante mala
11 - 20	SubRasante regular o buena
21 - 30	SubRasante muy buena

Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones- Crespo Villalaz.

3.10 Bancos de Materiales

Se localizaron y analizaron un total de 2 fuentes o bancos existentes lo más cercano posible a la carretera. A cada una de estas fuentes se levantó sus coordenadas geográficas, estimación del volumen de reservas, observación de sus características geológicas-geotécnicas y análisis de laboratorio. Los resultados obtenidos se pueden ver en la tabla Nº24 pagina 41 de este documento.

En general todas las fuentes de materiales están formadas por Gravas bien gradadas con arenas y limos en menor proporción. Las gravas por lo general son de alta resistencia y dureza, los finos son de poca a mediana plasticidad alcanzando en el peor de los casos valores de Índice plástico por el orden del 18%. Sin embargo, debido a la naturaleza gruesa del material y presencia de poco finos en los mismos, a la hora de su proceso y utilización muy probablemente dicha plasticidad se reduce hasta un 10 a 12% estimada mente.

La clasificación AASHTO de los materiales de bancos es A-2-6 (0), A-2-7 (0) y A-1-a (0) predominantemente. También clasifican como A-1-b (0) y A-2-4 (0). Su límite líquido por lo general es menor de 40% y su índice de plasticidad menor de 15%. El valor soporte o CBR de estos materiales varía entre 20% y 60% con promedio de 40%.

Resultados de Ensayes de Bancos de Materiales.

Tabla N°24. Bancos de Materiales

BANCO	Estación (km+m)	Distancia del Camino (m, Iz/De)	Muestra No	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Clasificación AASHTO		Densidad Seca	Humedad Optima	Valor de CBR (%)		
					Grupo	IG	kg/m3	%	90%	95%	100%
Nº 3	15+500	15 m., Izq.		GRAVA bien gradada con Limos y Arena	A-1-a	1	1895	18.2	43	58	73
David Davila											
Nº 4	19+050	30 m., Izq.									
Adolfo Benavidez				GRAVA bien gradada con Limos y Arena	A-1-a	1	2184	9.5	58	73	88

Fuente: Consultor en Ingeniería Geotécnica (INGENICA)

IV. Diseño de Capa de Rodamiento de Adoquin.

4.1 Diseño de la capa de rodamiento de adoquín.

El diseño de pavimentos consiste en determinar los espesores de la estructura basada en el nivel de tránsito, así como en las propiedades de los materiales; el período de desempeño de un pavimento está en función de la perdida de serviciabilidad. Uno de los métodos que más se emplea en Centroamérica para el diseño de estructuras de pavimento flexible, es el de la AASHTO; este método también es aplicable en el diseño de carreteras cuya superficie de rodadura está constituida por adoquines de concreto.

El método requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito.

4.2 Diseño de la capa de rodamiento con AASHTO-93.

Para el Diseño de la Estructura de Pavimento de adoquín se deben de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Confiabilidad (R).**
- **Desviación Estándar (So).**
- **Coeficiente de Drenaje (m).**
- **Serviciabilidad (Pt).**
- **Módulo de Resiliencia (MR).**

4.2.1 Confiabilidad (R).

El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las solicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

Tabla Nº30. Niveles de confiabilidad.

Tipo de camino	Zona Rural	Zona Urbana
Autopista Interestatal	80 - 99.9	85 - 99.9
Carretera principales	75 - 99	80 - 99.9
Colectoras	75 - 95	80 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, (SIECA-2004).

Se propone un nivel de confiabilidad de **R=95%**. Clasificado como Vía Colectora, ya que serviría para velocidades menores en distancias cortas para calles o caminos locales.

4.2.2 Desviación Estándar (So).

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 útil, está compuesta por el error asociado a la predicción del tráfico y el error asociado a la predicción del desempeño del pavimento. Para este diseño se propone una So=0.45

Tabla Nº31. Desviación Estándar

Condicion	Pavimento rigido	Pavimento Flexible
En construccion nueva	0.30 - 0.40	0.40 - 0.50
En sobre capas	0.39	0.49

Fuente: AASHTO-93, Diseño de Pavimentos

4.2.3 Coeficiente de Drenaje (m).

Es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

Tabla Nº32. Coeficiente de Drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 Horas
Bueno	1 Dia
Mediano	1 Semana
Malo	1 Mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: AASHTO-93, Diseño de Pavimentos.

Para la estimación de los coeficientes de drenaje tomamos en cuenta el tipo de clima del área donde se localiza el tramo en estudio y el tiempo en que tarda el agua en ser evacuada.

Tabla Nº33. Coeficientes de drenaje

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en el que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad proximos a la saturacion			
	< 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.5 - 095	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: AASHTO-93, Diseño de Pavimentos.

En la región norte la estación lluviosa se prolonga con respecto al resto del país por tanto es muy probable que la estructura de pavimento una vez construida de vez en cuando permanezca en condiciones muy cercanas a la saturación durante periodos de uno dos días. Por tanto, se considera un porcentaje de saturación mayor al 25%.

4.2.4 Serviciabilidad (Pt).

Se define como la manera en que un pavimento cumple su función de ser cómoda, fácil, rápida y segura para la circulación de los vehículos.

4.2.4.1 Índice de serviciabilidad inicial (Po)

Según el Manual Diseño de Pavimentos AASHTO-93 cap. 8.2.5 pp. 172.

Serviciabilidad inicial:

- po = 4.5 para pavimentos rígidos
- po = 4.2 para pavimentos flexibles

4.2.4.2 Índice de serviciabilidad final (Pt).

Serviciabilidad final:

- pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
- pt = 2.0 para caminos de menor tránsito

4.2.4.3 Perdida de Serviciabilidad (ΔPSI).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente ecuación:

$\Delta PSI = Po - Pt$ (Ecuación №8)

$\Delta \boldsymbol{PSI} = \mathbf{4.2 - 2.0 = 2.2}$ $(\boldsymbol{Pt}) = \mathbf{2.2}$

4.2.5 Modulo de Resiliencia (MR).

La Resiliencia es una energía potencial de deformación, el módulo resiliente reemplaza al CBR como variable para caracterizar la sub rasante, sub base y base. Es obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de cada uno de los materiales.

La guía de diseño de la AASHTO, establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo resiliente de la sub rasante:

Tabla Nº34. Correlaciones de criterios de módulo de resiliencia

Valor de CBR	Consideración
CBR<10%	$Mr = 1500 * CBR$
10%< CBR < 20%	$Mr = 3000 * CBR^{0.65}$
CBR > 20%	$Mr = 4326*Ln(CBR)+241$

Fuente: AASHTO-93, Diseño de Pavimentos.

En este caso los ensayos de laboratorio para el CBR de diseño de la sub rasante corresponde al 13.80%, por lo cual utilizaremos el tercer criterio para calcular el módulo resiliente de la sub rasante ya que el segundo no es utilizado para los tipos de suelo en Nicaragua, por lo tanto, tendremos:

$$Mr = 4326 * Ln(CBR)+241 \text{ (Ecuación Nº9)}$$

$$Mr = 4326 * Ln(13.80)+241$$

$$Mr = 11{,}595.32 \text{ PSI}$$

4.3 Coeficiente de capas

Son coeficientes que están relacionados con parámetros resistentes de bases granulares, sub-bases granulares, bases tratadas con asfalto y bases tratadas con cemento. Conforme a estos coeficientes, se puede proceder al diseño de un paquete estructural para un pavimento flexible.

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

- Carpeta de rodamiento: (a1)
- Base granular o tratada con algún conglomerante de ser necesario (a2)
- Sub – Base (a3)

4.3.1 Carpeta de Rodamiento (a1).

Debido a que no se cuenta con nomogramas para el cálculo de coeficiente estructural de la carpeta de rodadura se procede a realizar la estimación de a1 de la siguiente manera:

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, Capitulo 7 (SIECA-2004), establece un coeficiente estructural para carpeta de rodamiento de adoquín de:

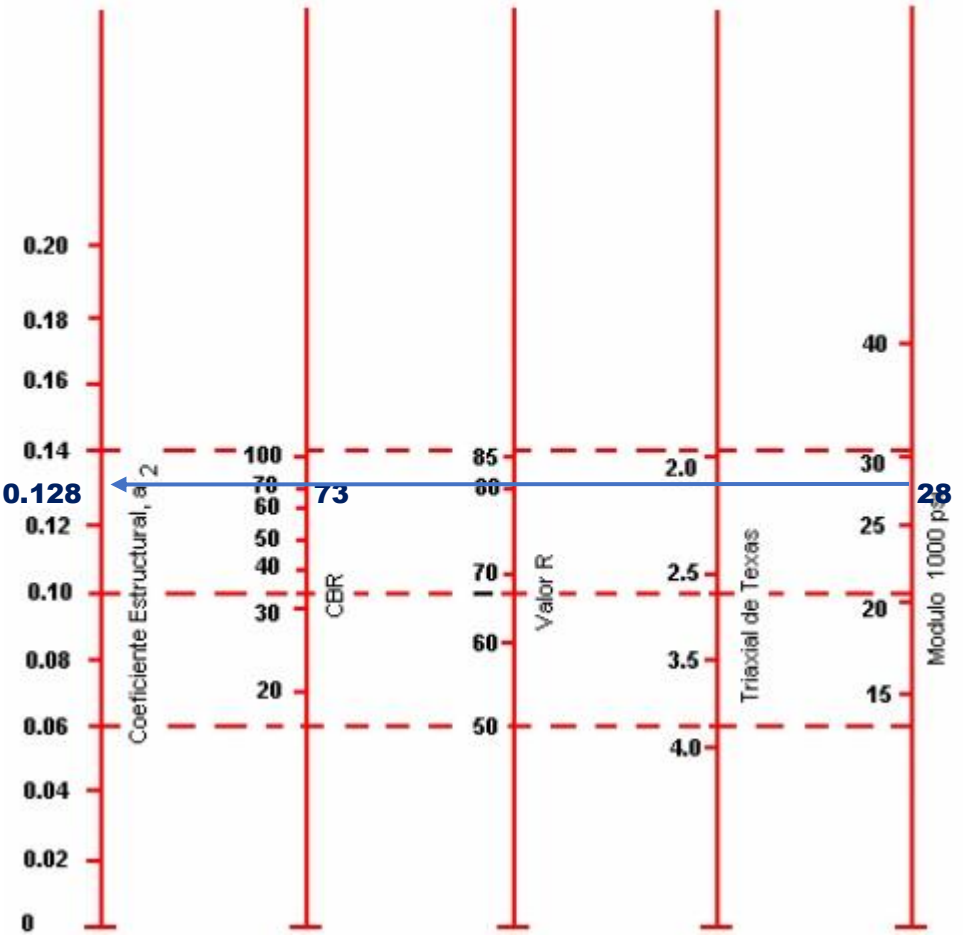
$$\boldsymbol{a1 = 0.45}$$

4.3.2 Base granular o base tratada con algún conglomerante de ser necesario (a2).

El valor del coeficiente estructural de capa de bases granulares (a2) se determina con el uso del nomograma de la figura 5.17 de la guía A.A.S.T.H.O.

Tomando como parámetro de entrada el valor del Módulo de Resiliencia (MR) encontrado para sustituir el índice de CBR de Diseño, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor resultante en el Grafico siguiente del Nomograma. Donde resulta que **a2= 0.128**

Grafico Nº7. Nomogramas para coeficientes de capas de bases granulares



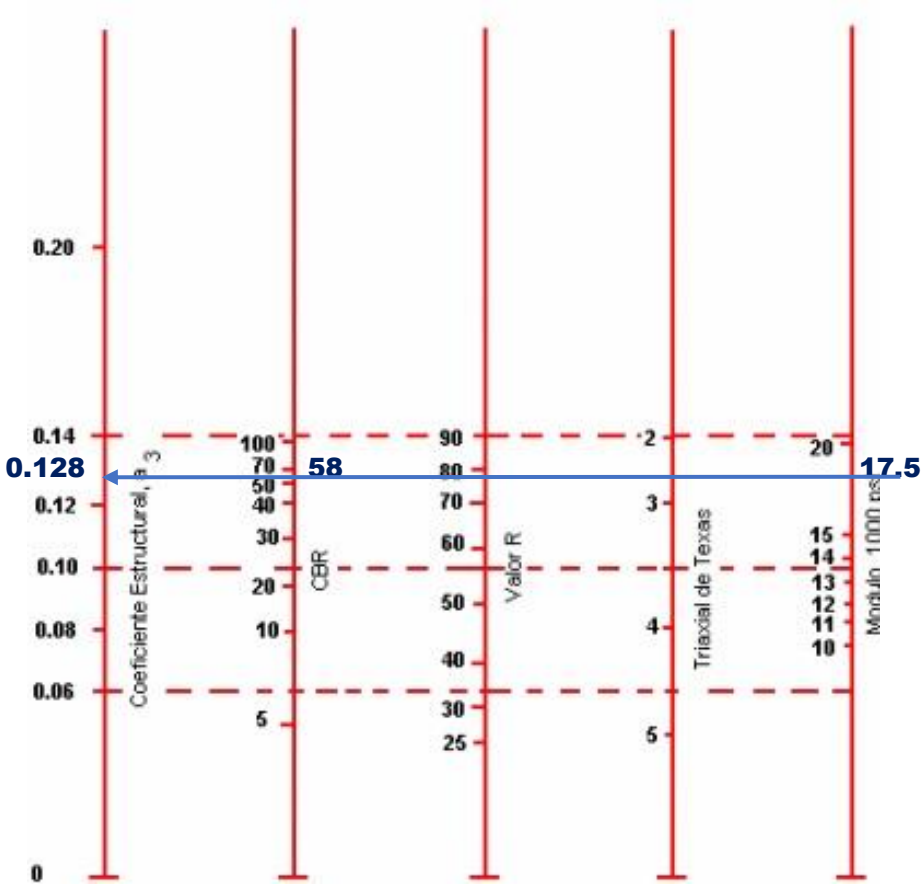
Fuente: AASHTO-93, Diseño de Pavimentos.

4.3.3 Sub – Base.

El valor del coeficiente estructural de capa de sub-base (a3) se determina con el uso del nomograma de la figura 5.18 de la guía A.A.S.T.H.O

Tomando como parámetro de entrada el valor del Módulo de Resiliencia (MR) encontrado para sustituir el índice de CBR de Diseño, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor resultante en el Grafico siguiente del Nomograma. Donde resulta que **a3 = 0.128**

Gráfico Nº8. Nomograma para coeficientes de capas Sub base granulares.



Fuente: AASHTO-93, Diseño de Pavimentos.

4.4 Calculo de los espesores de Pavimento.

4.4.1 Números estructurales

Es el número que expresa la resistencia del pavimento en términos del valor de soporte del suelo, del equivalente diario de 18 kips de carga por eje, del índice de utilidad. Los coeficientes adecuados convierten el valor SN en el espesor real de la carpeta, de la base y de la sub-base.

Este número indica el total de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a la que será sometido durante su vida útil y se consideran coeficientes relativos a cada capa que dependen del material que conformen estas, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el numero estructural y viceversa.

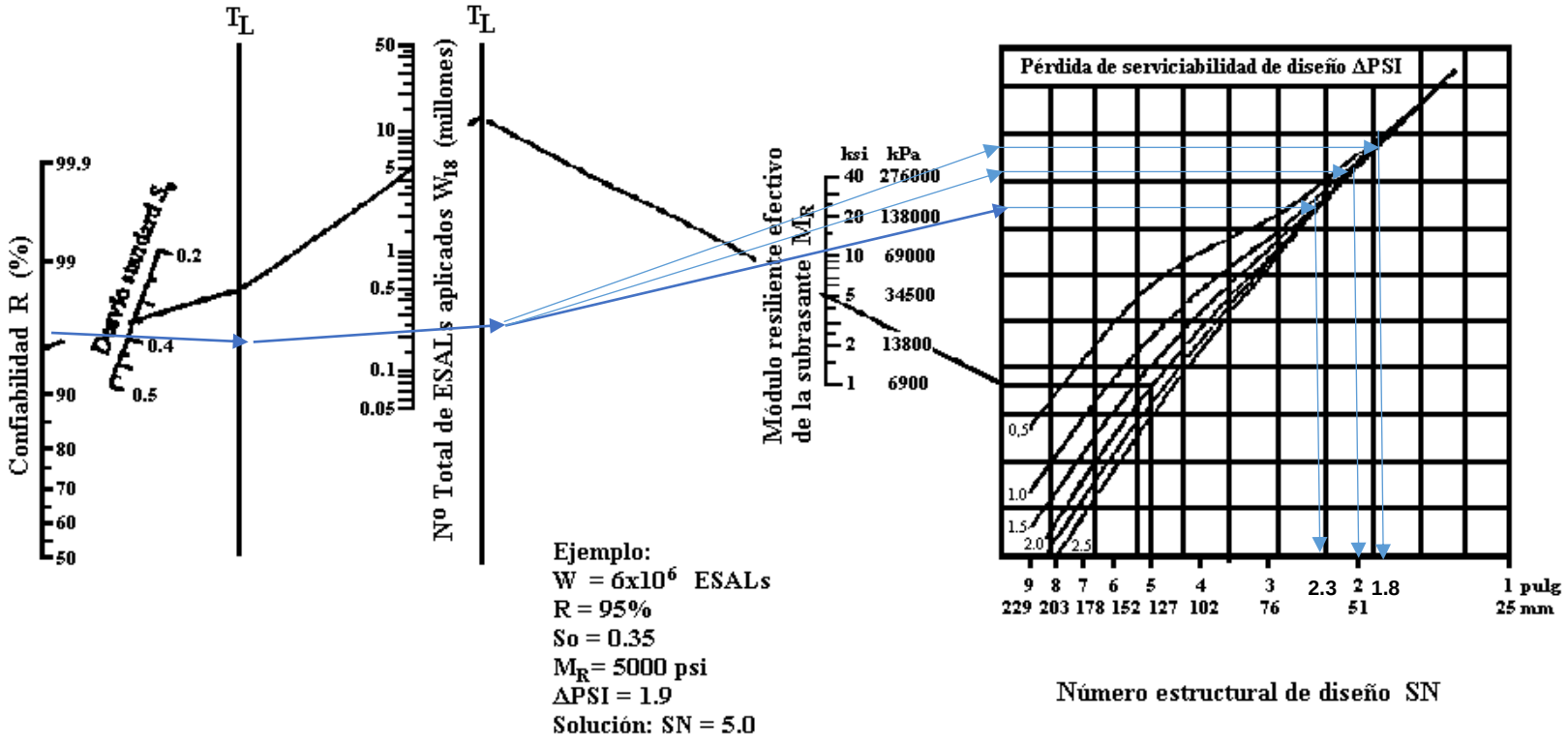
El número estructural se denominará SN "structural number".

Para obtener los números estructurales (SN), se hará uso del ábaco de diseño para pavimentos flexibles propuesto por la A.A.S.H.T.O, donde se deben tener en cuenta ciertas variables como:

Las variables de entrada en este ábaco de diseño son:

- Tránsito estimado por carril, ESAL'S o W18, a lo largo de la vida útil del pavimento = **160,859.69 ˜ 1.6085969 x 10^5**
- Confiabilidad R = 95%.
- Desviación estándar de todas las variables So = 0.45
- Módulo resiliente MR (Subrasante) = 11,595.32 psi
- Pérdida de serviciabilidad PSI = 2.2

Gráfico Nº9. Abaco de diseño AASHTO – 93 para pavimentos flexibles



Fuente: AASHTO – 93, Diseño de pavimentos

Tabla Nº35. Espesores Mínimos

Numero de ESAL`s	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	2.5cm	10cm
50,000 - 150,000	5.0cm	10cm
150,000 - 500,000	6.5cm	10cm
500,000 - 2,000,000	7.5cm	15cm
2,000,000-7,000,000	9.0cm	15cm
mas de 7,000,000	10.cm	15cm

Fuente: (AASHTO-93, Diseño de Pavimentos) – Estabilidad y Factibilidad de Construcción).

4.5 Calculo de los espesores.

La expresión que liga el número estructural con los espesores de capa es:

SN*1 + SN*2 + SN*3 (Ecuación №10)

Datos:

SN: Numero estructural requerido = 2.3

a1: Coeficiente estructural de la Capa de Rodamiento (adoquín) = 0.45

D1: Espesor de la Capa de Rodamiento (adoquín) = 4 pulg / 10 cm

a2: Coeficiente estructural de la Capa Base = 0.128

m2: Coeficiente de drenaje para la base = 1

D2: ¿Espesor de la Capa Base =?

a3: Coeficiente estructural de la Capa Subbase = 0.128

m3: Coeficiente de drenaje para la Subbase = 1

D3: Espesor de la capa Subbase = ?

Donde:

a1, a2, a3 son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.

m2, m3 son los coeficientes de drenaje.

D1, D2, D3 son los espesores de capas, en pulg o mm, en este sentido, el número estructural llevará las unidades de los espesores de las capas del pavimento.

Para:

$$D1 \geq \frac{SN1}{a1} \text{ (Ecuación №11)}$$

No se aplicará esta ecuación para encontrar D1, porque se conoce que el espesor (D1) de la Capa de Rodamiento de Adoquín equivale a 4 pulg ˜ 10cm.

SN*1 Número estructural absorbido de la carpeta:

$$SN^*1 = a1 * D1 \text{ (Ecuación №12)}$$

$$SN^*1 = 0.45 * 4 \text{ pulg} = 1.80$$

Para determinar el espesor mínimo de la base, se hace uso del ábaco con el MR de Subbase y entonces se obtiene el SN2 a ser absorbido por la Base. Así:

$$\mathbf{D2 \geq \frac{SN2 - SN^*1}{a2\ x\ m2}} \text{ (Ecuación Nº13)}$$

$$\mathbf{D2 \geq \frac{2.0 - 1.80}{0.128\ x\ 1} = 1.56\ pulg \quad D2^* = 4\ Pul}$$

Se adopta un espesor ligeramente mayor, D2*, y el SN*2 absorbido será:

SN*2 absorbido de la Base

$$SN^*2 = \boldsymbol{a2} * \boldsymbol{m2} * \boldsymbol{D2} \text{ (Ecuación №14)}$$

$$\mathbf{SN^*2 = 0.128 * 1 * 4 = 0.51}$$

$$\mathbf{SN = SN1 + SN2;\ \ SN = 1.80 + 0.51 = 2.31}$$

$$\mathbf{2.30 \leq 2.31}$$

Por último, el espesor de la Capa Subbase se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D3= \frac{SN-(SN^*1+ SN^*2)}{a3\ x\ m3} \text{ (Ecuación №15)}$$

$$D3= \frac{2.3-(1.80 + 0.51)}{0.128\ x\ 1} = -0.078$$

Nota: No es necesario colocar capa Sub – Base.

SN*3 absorbido de la Base

$$SN*3 = a3 * m3 * D3 \text{ (Ecuación №16)}$$

$$SN*3 = 0.128 \times 1 \times 0 = 0.00$$

Recalculando D2

$$D2= \frac{(2.30-1.80)}{0.128\ x\ 1} = 3.90$$

Para mayor seguridad y por efectos constructivos tomamos un espesor mayor que en este caso sería de 6 pul.

SN2= 6 x 0.128= 0.768

4.6 Calculo del Numero Estructural (SN)

Habiendo obtenido el SN requerido por medio del ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles se aplica la formula siguiente para obtener un SN corregido.

$$SN = (a1*D1) + (a2*D2*m2) + (a3*m3*D3) \text{ (Ecuación №17)}$$

se procede al cálculo de los espesores de la base y sub-base.

$$SN= (0.45 \times 4) + (0.128 \times 6.00 \times 1) + (0.128 \times 1 \times 0)$$

$$SN= 1.80 + 0.768 + 0 = 2.31$$

$$SN= 2.568$$

Verificación:

$$SN^*1 + SN^*2 + SN^*3 \geq SN$$

$$1.80 + 0.50 + 0.00 \geq 2.30$$

$$2.30 \leq 2.568$$

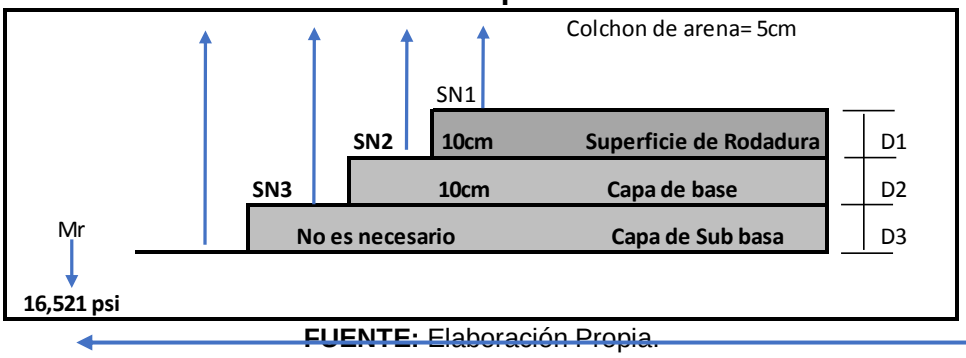
Este método se conoce también como “Diseño con Verificación por Capas”, puesto que para cada una de las capas se verifica que existe el suficiente espesor por encima de la misma para prevenir ahuellamientos y daños estructurales.

Tabla36. Resumen de espesores calculados

Capa	Espesores	
	Pulgadas	Centimetros
Rodamiento (Adoquin)	4	10.00
Arena	2	5
Base	6	15
Sub Base	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico Nº10. Secciones de las capas estructurales de la calzada



FUENTE: Elaboración Propia.

V. Estudio de Impacto Ambiental.

En el artículo cuatro, inciso tres, del Decreto 76-2006, se indica que: «el área de influencia de un proyecto se refiere a todo el espacio geográfico, incluyendo todos los factores ambientales dentro del él que pudieran sufrir cambios cuantitativos o cualitativos en su calidad debido a las acciones en la ejecución de un proyecto.

El área de influencia directa está asociada a los factores 4.3 Uso Potencial del Suelo y Recursos Naturales.

En el municipio de CONDEGA se encuentran suelos con diferentes grados de evolución y desarrollo cuales varían desde suelos incipientes o suelos jóvenes (Entisoles y Vertisoles) hasta suelos maduros (Mollisoles y Alfisoles).

De manera general los suelos del Municipio corresponden taxonómicamente a los órdenes siguientes: Entisoles (72.36%), Vertisoles (8.72%) Mollisoles (15.62%) y Alfisoles (3.11%), predominando los Entisoles con (72.36%) del área total.

De acuerdo a la capacidad de uso de la tierra, los suelos del municipio varían desde la clase II (De actitud aptitud agrícola) hasta la clase VIII (De aptitud de protección a la vida silvestre) predominando los suelos de la clase VIII (68 % del área total). Los suelos más fértiles y adecuados para cultivos anuales ocupan un 9.5 % del área total, ubicados en clases II Y III (aptitud agrícola).

5.1 Cuencas Hidrográficas.

El Municipio de CONDEGA cuenta con cinco ríos, siendo estos ríos el Pire, Río Pueblo Nuevo, Río Estelí, Río El Jocote, Río Yalí, la mayoría de los afluentes de estos ríos no tienen agua en época seca, siendo ríos estacionales.

Las características de los recursos hídricos permiten conocer que la lluvia que cae en las micro-cuencas de los ríos Pire y Jocote, se escurre rápidamente y que la mayor parte del agua caída se pierde por escorrentía, causando procesos de erosión fuerte de los suelos y una baja infiltración que alimenta el manto acuífero y que también proporciona agua a las plantas.

5.1.1 Temperatura

Las temperaturas medias son cálidas y oscilan entre 22.6 - 24.2 °C, la variación promedio mensual es inferior a 3° C y la temperatura medio anual es de 24.6°C del ambiente que influyen directamente en las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la obra. Corresponde a las posibles zonas de préstamo, zonas de maniobras de maquinarias y equipos, derecho de vía y áreas adyacentes al camino en que se realice actividades del proyecto.

Los límites de las áreas de influencias indirecta fueron determinadas por las siguientes condiciones: hidrología, geomorfología, ruidos, calidad del aire, fauna, social y económico (los caminos a donde acceden).

El camino se emplaza sobre los suelos Molisol, Alfisol y Vertisol en el área de influencia directa.

5.1.2 Agua

De conformidad al mapa de cuencas hidrográficas, la carretera Condega-San Diego está situada en la cuenca hidrográfica Nº 45, (Cuenca del Rio Coco). Las aguas que fluyen sobre esta cuenca vierten hacia el Mar Caribe.

A pesar que se encuentra dentro de la macro-cuenca del río Coco, esta se divide por las regiones, siendo para el área de influencia del presente proyecto la dominante por la sub cuenca Estelí.

5.2 Clima y amenazas naturales

5.2.1 Clima

Según la metodología de Wladimir Köppen para la clasificación del clima, el tramo de carretera Condega-San Diego está ubicado en el clima Sabana Tropical (Aw).

5.2.2 Clima Sabana Tropical (**A(C)W$_1$, (A)Cbm**)

Se localiza en las partes más altas de la Región Norte, en el Departamento de Jinotega – Estelí. Se caracteriza por mostrar, temperaturas medias anuales del orden de los 18 - 22°C debido a que corresponde a lugares situados arriba de los

1000 metros. Las precipitaciones promedias anuales oscilan entre 1000 mm y 1800 mm. Las áreas con climas; A(C)W 1 y A(C)W 2, muestran comportamientos similares en cuanto a la temperatura y la precipitación, se caracterizan por ser zonas de transición hacia otros tipos de climas, presentando temperaturas medias anules de 20°C a 22°C con precipitaciones promedios anuales de 1100 mm a 1600 mm .

Tabla Nº 37. Principales variables meteorológicas

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VIENTO (m/seg)
CONDEGA	821.4	24.1	77	2.3

Fuente: Normas históricas de las principales variables meteorológicas (1971-2000)

5.3 Amenazas Naturales

Según los datos manejados por el Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales, INETER, por amenazas del municipio de: Condega en donde se desplaza el proyecto tiene una amenaza ponderada de 5, en la tabla 38, se observa la categorización que alcanza cada una de las amenazas analizadas.

Tabla Nº 38. Clasificación de los municipios por Amenazas Naturales

Municipio	Sismos (1)	Hurac. (1)	Seq. (1)	Inun. (1)	Volc. (0.5)	Desliz. (0.5)	Tsunami. (0.5)	Total	Total 5.5
Condega	**5**	**5**	**10**	**9**	**0.0**	**4.0**	**0.0**	**33.0**	**6**

Fuente: Amenazas Naturales de Nicaragua, INETER

5.4 Paisaje

La valoración para las unidades paisajísticas evaluadas, han reflejado que la susceptibilidad intrínseca al impacto paisajístico será media - baja. Se considera que los efectos sobre el área de influencia directa del proyecto no alteraran el paisaje actual, dado que este camino ya existe y en el proyecto se están previendo

medidas de prevención y mitigación, y que las obras a realizar serán para el mejoramiento de la vía y de la calidad de vida de los habitantes de las diferentes comunidades en la que se desplaza el tramo. Es probable que pueda mejorarse el aspecto existente debido a la mejora en las condiciones actuales.

5.5 Recursos Forestales.

Del estudio forestal se deduce que los bosques han sido sobre explotados y convertidos en pastizales quedando un remanente de bosque denso de apenas 0.27 % del área total, ubicado en terrenos escarpados y cuyo uso más productivo es para la protección de los recursos existentes, sin embargo el área total de vocación forestal es de 700000% del territorio municipal.

El uso que se propone para el municipio, sistemas Agroforestales de cultivos perennes y semi-perennes y especies forestales de madera de serrar y de leña así como protección de la vida silvestre, contribuiría a restaurar los recursos naturales degradados en el área sobre-utilizada.

5.5.1 Biodiversidad: Flora y Fauna.

El 19.4 % del territorio municipal está cubierto por con diferentes tipos de bosques (bosques densos, bosques ralos y café de sombra) y el 67 % está es baja.

4.6 Cuencas Hidrográficas.

El Municipio de CONDEGA cuenta con cinco ríos, siendo estos ríos el Pire, Río Pueblo Nuevo, Río Estelí, Río El Jocote, Río Yalí, la mayoría de los afluentes de estos ríos no tienen agua en época seca, siendo ríos estacionales.

Las características de los recursos hídricos permiten conocer que la lluvia que cae en las micro-cuencas de los ríos Pire y Jocote, se escurre rápidamente y que la mayor parte del agua caída se pierde por escorrentía, causando procesos de erosión fuerte de los suelos y una baja infiltración que alimenta el manto acuífero y que también proporciona agua a las plantas.

Los Volúmenes de agua escurridos para las micro-cuencas de los ríos Pire y Jocote son 2,792,926 m³/año y 3484,674 m³/año respectivamente. Estas microcuencas presentan una alta red hidrográfica que les permite evacuar grandes volúmenes de agua caída por lluvia, sin embargo, la mayor cantidad de agua se pierde por escorrentía debido a mal manejo de los recursos como consecuencia muchos afluentes importantes de estos ríos solamente transportan agua en época de invierno.

5.6 Equipamiento social

5.6.1 Salud

Dentro del sector del servicio de salud se cuenta con diversa información al respecto, la que permite establecer una imagen de la situación de estos municipios. El comportamiento epidemiológico de los últimos años ha sido el siguiente:

Tabla Nº39. Comportamiento Epidemiológico en Condega

Patología	2008	2009	2010	2011 (Semana 16)
Diarreicas Agudas	797	794	988	345
Respiratorias Agudas	10,563	7,900	110,983 *	3,346
Neumonía	1,993	1,598	1,648	599

Fuente: Centro de Salud de Condega.

El municipio de CONDEGA, cuenta con el Centro de Salud con camas "Ada María López", ubicado en la cabecera municipal, tiene una cobertura de 9,279 habitantes, correspondientes a 8,531 pobladores del área urbana y 748 habitantes de 4 comunidades del área rural. El centro también presta el servicio de forma indirecta al resto de comunidades. El personal médico del centro lo componen 5 médicos Generales, 5 médicos en servicio social, 2 odontólogos, 11 enfermeras graduadas, 10 enfermeras auxiliares, 2 enfermeras en servicio social, 1 técnicos

de laboratorio, 1 bioanalista clínico en servicio social, 2 educadoras en salud, 3 personal de farmacia, 5 técnicos de ETV, 9 personal administrativo, 3 personas de estadística, 2 conductores, 3 agentes de seguridad interna, 2 cocineras hospitalarias, 7 persona contratadas temporalmente, 1 higienista, 132 brigadistas de salud, 81 colaboradores voluntarios, 51 parteras empíricas y 1 gabinete del poder Ciudadano en Salud.

Además del centro, el municipio cuenta con 11 puestos de salud, 6 como sede de sectores ubicados en las diferentes comunidades del área rural, los que se detallan a continuación:

Sede de sector 4 Santa Teresa, 7 Comunidades, 3,151 Hab.

Sede de sector 5 San José Pire, 9 Comunidades, 2,660 Hab.

Sede de sector 6 San Pedro de Arenales, 6 Comunidades, 2,257 Hab.

Sede de sector 7 Laguna de Santa Rosa, 5 Comunidades, 2,868 Hab.

Sede de sector 8 Jocote Abajo, 9 Comunidades, 2,976 Hab.

Sede sector 1,2 y 3 Centro de Salud con Camas: “Dra. Ada Maria López”, Casco Urbano 18 Bº y 13 Comunidades, 16,174 Hab.

El sistema de salud presta atención de control prenatal, medicina general, emergencias, odontología, laboratorio, hospitalización y las especialidades de dermatología y ginecología, además existen 9 puestos de salud y 25 casa bases, donde se atienden a los pacientes de las diferentes micro regiones.

Dentro de las limitantes más sentidas está la de los puestos de salud, ya que estos requieren de mobiliarios y equipos y sobre todo carecen de medicamentos preventivos, con el personal existente se trata de atender una vez al mes, principalmente a mujeres embarazadas y niños de 1 año de edad, casos de hospitalización y emergencias.

5.6.2 Educación

En el caso del municipio de Condega el índice de analfabetismo es de 2.4% para un total de 354 iletrados en el municipio. Sobre la educación de adultos los resultados se describen a continuación:

Tabla Nº 40. Resultados de la educación de Adultos en Condega

Modalidad	*Matrícula final*	*Aprobados*	*%*
Educación básica (1er., 2do. y 3er. Nivel)	*389*	*389*	*100%*
Educación a distancia	*524*	*365*	*70%*
Continuidad educativa	*245*		

Fuente: Diagnóstico Municipal

Actualmente el Municipio cuenta con una Universidad privada (Universidad Martín Lutero) del Ministerio Asambleas de Dios ubicada en el casco Urbano. El centro público que ofertaba carreras técnicas (INATEC) se retiró por el bajo nivel de demanda.

La cobertura escolar fue de 6,708 alumnos en los niveles de pre-escolar, primaria y secundaria, en todas las modalidades (regular, nocturna y sabatina), con un total de retención de 6,246 (93.11%). Ingresaron a la escuela 3,422 (51%) mujeres y 3,286 (49%) varones; en la matrícula final se registran 3,264 mujeres (52%) y 2,982 varones (48%), como puede apreciarse es mayor el porcentaje de retención es en las mujeres.

El total de centros educativos en infraestructura son 65, de estos 5 son de secundaria y 60 primaria. Secundaria urbana son 3 centros, 1 básico funciona en una escuela urbana. De los 3 centros urbano, 1 es público, 1 es privado y 1 es subvencionado

Se conocen de problemas por control del territorio en las comunidades de: San Jerónimo, Santa Teresa (2), José Cecilio (Guayucalì), Los Alpes (Bramadero),

Santa Teresa (Sabatino). En el Diagnóstico Educativo Municipal realizado en el año 2006, fueron encuestadas 5,604 viviendas, cuyos resultados fueron los siguientes: A nivel Municipal los problemas económicos que enfrenta la familia es la razón principal por la que los niños y jóvenes no asisten a clases, con un 54%. A nivel urbano los problemas económicos son más acentuados que en el área rural, con un 57% y 53% respectivamente.

A las cifras anteriores se le anexa el 7% por trabajo infantil a nivel Municipal, siendo en el área urbana igual el porcentaje con un 7.07% con respecto al trabajo infantil en la zona rural que es de 7%.

5.6.3 Vivienda

En el caso de Condega hay un total de 6,046 viviendas, de ellas 3,617 están ubicadas en el área urbana, lo que representa un 68.3%, del total municipal de viviendas.

Es perceptible la falta de un plan o programa de mejoramiento y construcción de viviendas, orientado a satisfacer y cubrir la demanda manifestada en el déficit de las mismas, tanto en el área urbana como rural, que asciende aproximadamente a un total de 1,230 viviendas

5.7 Red Vial

La red vial en Condega está constituida por 156 Km. de caminos, el 11.8% constituyen la red primaria, el 20.37% la red secundaria y el 67.78 % la terciaria.

5.7.1 Red Primaria

La constituye la carretera panamericana que atraviesa el municipio de norte a sur, comprendiendo un tramo de 18.5 Km., pasando por la ciudad de Condega. Esta carretera fue construida de asfalto en los años 1964-1965, en la actualidad ha sido recarpeteada. La carretera es de gran utilidad para el municipio de Condega, al facilitar la comunicación con la cabecera departamental y otros municipios y ser utilizada como vía de tráfico internacional hacia los países vecinos del área centroamericana.

5.7.2 Red Secundaria

Está compuesta por las carreteras que permiten la comunicación con las comunidades rurales y otros municipios, representan el 20.37% de la red vial del municipio. Las carreteras permiten la unión de Condega con El Tule en un tramo de 31 Km.; sirve de comunicación con el municipio de Yalí; otro camino de importancia clasificado como colector secundario une a Condega con las comunidades de la Cuenca del Río Pire. El camino es transitable en verano y con dificultad en algunos tramos, en invierno.

5.7.3 Red Terciaria

La red terciaria está compuesta por 108.5 Km. de caminos vecinales que sólo son transitables durante el verano y conectan a las comunidades rurales con la red secundaria y primaria. Existen dos puentes que permiten la comunicación de las comunidades de Hondura Azul y Ducuale Grande.

5.7.4 Red Urbana

La cabecera municipal tiene una red de aproximadamente 155 cuadras. La calle principal la constituye 13 cuadras asfaltadas que atraviesan a la ciudad de norte a sur, se han adoquinado 22 cuadras y encunetado 46 cuadras, lo que significa una cobertura de 29.67% de las calles.

5.7.5 Transporte

Sobre la carretera panamericana se concentran 51 rutas de servicio de transporte colectivo interurbano ordinario que circulan en la ciudad de CONDEGA, estableciendo comunicación con la región de las Segovias y 4 rutas (Ocotal - Managua) servicio expreso.

5.7.6 Agua Potable y Saneamiento

En cuanto a Condega el acueducto, está constituido por 2,377 conexiones domiciliares activas, tres pozos perforados (PP Nº 3, 4 y 6) con caudales de 232, 95 y 41 galones por minuto respectivamente y 4 tanques de almacenamiento (3 de acero sobre suelo y 1 de mampostería) con capacidades de 190, 121, 132 y 189 m3 respectivamente. El sistema existente en este acueducto es pozo-red-tanque.

Actualmente, existen 4 fuentes de abastecimiento de agua (pozos), sin embargo, sólo 3 están funcionando, ya que con la producción de éstos se satisface la demanda, quedando una de las fuentes como reserva. Fuente 1: (Pozo No 2), ubicado en el barrio triunfo de la Revolución. Produce 205 galones por minutos. Fuente 2: (Pozo No 4), ubicado en el barrio triunfo de la Revolución, produce 104 galones por minutos. Fuente 3: (Pozo No 2), ubicado en el barrio Solidaridad, produce 87 galones por minutos. La producción total obtenida es de 62,082 m3 y la venta es de 27,018.9 m3, existiendo una holgura de producción de 3,563.10m3.

La infraestructura de abastecimiento de agua potable en las comunidades rurales está compuesta por 15 pozos perforados, 55 pozos comunales excavados a mano, 40 pozos excavados a mano de propiedad privada, 25 mini acueductos por gravedad y 6 captaciones de manantial y 4 hidrantes en buen estado y 2 en mal estado en el centro de salud y tres pozos con equipo de bombeo.

5.7.7 Electricidad

El municipio de Condega cuenta con el servicio público de energía domiciliar, administrado por Gas Natural y regulado por la Empresa Nicaragüense de Electricidad (INE). El servicio está integrado al Sistema Interconectado Nacional a través de la subestación de Yalagüina. En el municipio de Condega existen 1,577 conexiones domiciliares con una población beneficiada de 9,462 habitantes y con un consumo promedio de 56 Kw por cliente.

El sector urbano cuenta con 939 conexiones domiciliares, que corresponde al 66% de las viviendas del casco urbano. 153 viviendas no son abastecidas por este servicio y se localizan en los barrios El Esfuerzo, Prudencio Serrano, Santiago Baldovinos y Moisés Córdoba.

En 45 comunidades rurales no cuentan con este servicio, sin embargo, el área rural dispone de 638 conexiones, lo que equivale al 21% de las viviendas rurales. Cabe señalar que 21 comunidades cuentan con el servicio, éstas se encuentran sobre la carretera panamericana, carretera a Yalí y hasta cierto punto en el camino a Pire. Entre estas comunidades se pueden mencionar Valle Jesús, Los Cerritos,

Culse, Ducuale Grande, Santa Teresa, Santa Lucía, San José de Pire, El Peñazco, Venecia, La laguna, El Tule, El Jocote, Vainilla, Darailì, El Hato, Piedra Larga arriba y abajo, San Pedro, San Ramón, Santa Adelaida, Laguna Los Hernández.

5.8 Telecomunicaciones.

También existen radios de transmisión y recepción en algunas instituciones (Alcaldía 1, MINSA 1, Policía 1), organismos (PCI) y empresas acopiadoras de café (CISA – EXPORTADORA, ATLANTIC) Correos de Nicaragua tiene el servicio a través de una agencia postal ubicada en un tramo del mercado Municipal.

El municipio de Condega cuenta con una planta (de sistema analógico) ubicada en el casco urbano, con una capacidad de 700 líneas, instalada en 1991.

Actualmente existen 601 líneas ocupadas, tres líneas están destinadas al servicio público ubicadas en los locales de ENITEL. También se brinda servicio de correo y telex en estas oficinas. En la ciudad se encuentran tres telefaxes de servicio privado.

Se tiene comunicación vía celular con todas las comunidades, haciendo uso de la red de CLARO y de MOVISTAR. La población tiene acceso a Internet y TV por cable.

5.8.1 Redes de transmisión

También existen radios de transmisión y recepción en algunas instituciones (Alcaldía 1, MINSA 1, Policía 1), organismos (PCI) y empresas acopiadoras de café (CISA – EXPORTADORA, ATLANTIC)

Correos de Nicaragua tiene el servicio a través de una agencia postal ubicada en un tramo del mercado Municipal.

El municipio de Condega cuenta con una planta (de sistema analógico) ubicada en el casco urbano, con una capacidad de 700 líneas, instalada en 1991.

Actualmente existen 601 líneas ocupadas, tres líneas están destinadas al servicio público ubicadas en los locales de ENITEL. También se brinda servicio de correo y telex en estas oficinas. En la ciudad se encuentran tres telefaxes de servicio privado.

Se tiene comunicación vía celular con todas las comunidades, haciendo uso de la red de CLARO y de MOVISTAR. La población tiene acceso a Internet y TV por cable.

5.9 Usos de Suelo

Los suelos dentro del área de influencia directa del proyecto están catalogados como suelos fértiles que dan lugar a la diversificación agropecuaria, la misma que ha sido aprovechada por sus pobladores para la realización de sus actividades agropecuarias, como se refleja en la tabla siguiente.

Tabla Nº41.Proporción de uso de suelo

DESCRIPCIÓN	MANZANAS	%
Cultivos permanentes y semipermanentes.	5,710.38	15.5
Cultivos anuales	5,910.43	16.04
Tacotales	5,018.66	13.63
Pastos naturales	10,590.69	28.76
Pastos cultivados	5,664.78	15.38
Bosques	3,166.01	8.60
Otros	436.95	1.19
Afectados por fenómenos naturales	332.27	0.90
TOTAL	36,830.17	100

Fuente: Diagnóstico Municipal Condega

5.10 Patrimonio histórico y cultural

Los sitios arqueológicos donde se han encontrado evidencias la cultura precolombina son: Los Cedros, Palo Verde, Casa Quemada, El Jocote, La Sardina, Los Hatillos, Piedra Azul, Los Moncadas, El cerro el Zopilote, Río Abajo,

Los Laureles, Santa Rosa, San Diego, Ducualí, Los Alpes, Los planes de Canta Gallo y Escuela Julio Castillo Ubau. (Fuente: Fletcher Salgado, 1990 y Alcaldía Municipal de Condega).

5.10.1 Cerámica

Estudios arqueológicos en el municipio de Condega, han encontrado evidencias de un desarrollo social complejo en esta zona durante le época prehispánica, destacándose la cerámica en la cual utilizaban una variedad de técnicas que van desde el tipo de barro utilizado, los colores y los diseños.

En el arte de la cerámica, además de simbólica, es funcional, pues elaboran instrumentos de cocina, ollas que serán utilizadas en los rituales de sacrificios, incensarios, así como instrumentos que eran destinados únicamente para actividades religiosas, e igualmente todos aquellos objetos de barro que fueron de una persona viva, eran enterrados con él cuando moría, o la persona misma era enterrada en una olla de barro.

En la actualidad, Ducuale Grande es una de las comunidades que aún conserva la tradición de la alfarería, comunidad que se localiza a seis kilómetros al noreste de Condega. La tradición es una propiedad particular de las mujeres, quienes moldean de manera rústica el barro, para fabricar utensilios de uso doméstico como ollas frijoleras, cómales para elaborar tortillas, jarras para café, cavules para almacenar agua

5.10.2 Petroglifos y arte de piedra

En el arte de trabajar la piedra, la información de Condega es muy escasa y las que se conocen están fuera de su contexto y resguardadas en el museo “Julio César Salgado”.

La última investigación titulada “El desarrollo sociocultural y la disimetría social en Condega 500 a.C. 1523 d.C”, realizada por los arqueólogos Bayardo Gámez y Jorge Zambrana en el año 2004, detectaron dos petroglifos cercanos al sitio San Diego.

Piedra basalto de forma ovalada color marrón, mide 21 cm de largo y 15 cm de ancho. Presenta bajo-relieves en tres costados y en la parte superior un rosto con líneas rectas. Posiblemente figura antropomorfa, es un rostro estilizado y formas abstractas entrelazadas en un laberinto de líneas o salen hacia los extremos formando conjunto u otras en dispersión sobre el espacio de la piedra.

5.11 IDENTIFICACION Y VALORACION DE IMPACTOS

5.11.1 Introducción

Este capítulo tiene como objetivo principal identificar y valorar los impactos ambientales directos e indirectos generados durante los Estudios de Factibilidad y Diseño para el Tramo de carretera: Daraili- Valle Bramadero (5 km, aproximadamente); basándonos en información primaria y secundaria recopilada para el Proyecto.

Sobre la base de los impactos potenciales identificados en las fases del proyecto, se procede al análisis considerando los factores ambientales. Según nuestro análisis, los impactos varían en grado y magnitud, en función de las condiciones ambientales iníciales existentes en los recursos, en interacción con las actividades definidas para el proyecto y del grado de sinergia con los diferentes componentes del ecosistema.

La evaluación de los impactos potenciales se realiza comparando su magnitud estimada durante la etapa de identificación, con criterios de calidad ambiental o normas técnicas ambientales. Los resultados son resumidos y cuantificados en una matriz causa - efecto de análisis ambiental.

En estas matrices se evalúa la afección de distintas actividades sobre cada uno de los elementos del medio físico, biológico y socioeconómico. Los elementos del medio sobre los que se evalúan los impactos son los siguientes:

- Geología y Geomorfología
- Suelo
- Agua
- Clima y amenazas naturales
- Paisaje
- Vegetación
- Fauna
- Población
- Equipamiento social
- Economía
- Usos del suelo
- Comunidades indígenas
- Patrimonio histórico y cultural
- Áreas protegidas

Las actividades de la Fase de Ejecución, consideradas se relacionan a continuación:

- Instalación y operación de campamentos y planteles
- Abra y destronque
- Excavación, terraplenado y movimientos de tierra
- Explotación de bancos de materiales
- Explotación de fuentes de agua
- Desvíos provisionales y obras complementarias
- Construcción del drenaje mayor y menor
- Construcción de la base
- Señalización vial

En la Fase de Operación se contemplan las siguientes actividades:

- Puesta en servicio del proyecto
- Operación del drenaje pluvial y obras complementarias

Durante la Fase de Mantenimiento se han considerado las siguientes actividades:

- Mantenimiento preventivo y correctivo de la capa de adoquines, del Derecho de Vía
- Obras de drenaje y obras complementarias

En la fase de ejecución del proyecto se tienen contemplada la realización de nueve (9) actividades generales.

En la fase de operación y mantenimiento del proyecto se tienen contemplada la realización de cinco (5) actividades generales.

Se evalúa la importancia de los impactos negativos para la fase de ejecución del proyecto. Se observa impactos con nivel moderado para la población, agua, vegetación, las amenazas por deslizamiento por el tipo de suelo, características de las precipitaciones, las pendientes, y afectaciones al suelo por la construcción de obras de drenajes, principalmente ocasionado por la actividad de abra y destronque.

Nuestro compromiso como consultores es recomendar lo necesario al dueño del proyecto. En este caso es recomendable desalojar el derecho de vía de los caminos ya que la ocupación de estos espacios crea un riesgo latente. Con medidas de compensación y seguimiento a fin de que no se reinstalen nuevamente dentro del área.

En busca de la viabilidad ambiental del proyecto, solo se estima las medidas mínimas ambientales para que se logre mejorar.

Por tal motivo, en las medidas ambientales solo se estiman un porcentaje bajo por cualquier eventualidad o cambio en el diseño que se propone al MTI.

5.11.2 Impactos positivos

- Reducción de los costos de transporte
- Mayor seguridad ciudadana.
- Mayor acceso a mercados.
- Mejor acceso a los servicios de salud y educación.
- Oportunidades para generar ingresos y empleos.
- Mayor atracción para inversionistas (sector turismo).
- Pago de impuestos a la Alcaldía que permite el desarrollo de obras municipales.

- Mejor acceso a lugares de recreación.

Los principales impactos negativos que se producirán durante las etapas del proyecto, son presentados a continuación:

Tabla Nº42. Principales Impactos Negativos durante la Fase de Ejecución

Orden Decreciente del Impacto	Impacto Ambiental Negativo	Valor de Importancia
1	Afectación a la Población durante la actividad de abra y destronque	-29
2	Repercusión sobre el suelo, el clima y las amenazas naturales debido al abra y destronque	-22
3	Efecto sobre la economía y el equipamiento social por el abra y destronque, al suelo y a la vegetación al explotar bancos de materiales	-21
4	Afectación en la vegetación durante el abra y destronque, sobre el equipamiento social durante los desvíos provisionales	-20
5	Efecto sobre el equipamiento social debido a la instalación de planteles y campamentos, sobre el agua durante el abra y destronque.	-19
6	Repercusión en el suelo por la excavación terraplenado, en la geología y geomorfología por la explotación de bancos de materiales. Además, en la vegetación y la población durante los desvíos provisionales, en el agua y en la vegetación debido a la construcción de las obras de drenaje.	-18

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Nº43. Principales Impactos Negativos durante la Fase de Operación.

Orden Decreciente del Impacto	Impacto Ambiental Negativo	Valor de Importancia
1	Repercusión en la población por la puesta en servicio de de la vía y el tránsito, en el suelo y en la vegetación por la limpieza del derecho de vía.	-15
2	Afectación en el suelo por la operación de las obras de drenaje.	-14
3	La limpieza de la vía, también afecta el agua, el paisaje, y a la fauna. Las obras de drenaje afectan al suelo, agua, vegetación y equipamiento social	-13

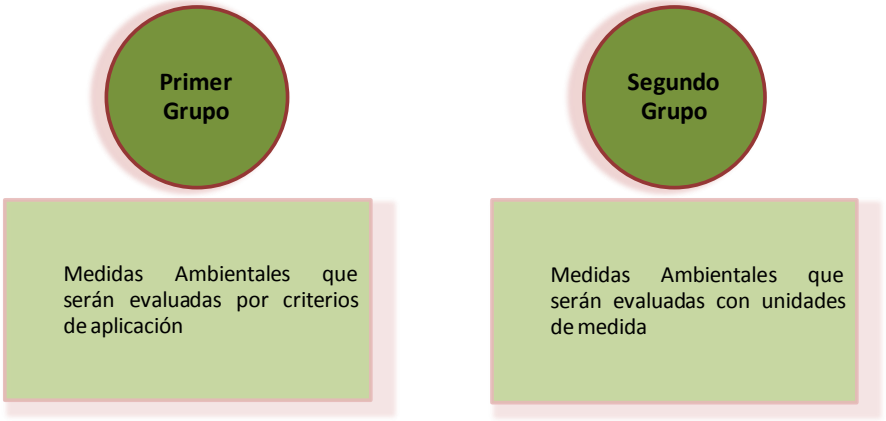
Fuente: Elaboración Propia

En ambos Fases del proyecto los impactos son de un nivel medio, salvo la repercusión sobre la población en caso de que se produzcan movimiento de viviendas. Estos impactos son mitigables con las medidas que se proponen, son producidos de forma normal durante proyectos de este tipo.

5.11.3 Medidas Ambientales

Como resultado del análisis efectuado en la sección correspondiente a la identificación y evaluación de impactos ambientales, apartado seis, las medidas ambientales tendientes a mitigar los impactos ambientales de mayor relevancia se reúnen en dos grupos:

Primer grupo: medidas ambientales evaluadas con criterios de aplicación



En este grupo se incluye medidas ambientales que pueden ser evaluadas a través de criterios de aplicación. Estas especificaciones se han agrupados conforme a los códigos de las NIC- 2000; dichas disposiciones tienen carácter de: prevención, control, protección a los recursos naturales y al ambiente.

En la tabla 7.1, se enumeran los grupos de medidas ambientales y sus criterios de aplicación que están especificadas en las NIC- 2000 y que deben ser contractuales en el proyecto.

Tabla Nº 44. Grupos de Medidas Ambientales

Código NIC-2000	Grupos de Medidas Ambientales	Criterios de aplicación
108.13	Disposiciones sobre sanidad y salubridad	• Número de trabajadores que utilizan equipos de seguridad y protección física con relación al total de trabajadores presentes en el proyecto. • Se instalan letrinas o servicios higiénicos en proporción 1:15 trabajadores. • Se reconforman los botaderos que se usaron en el proyecto. • Se depositan desechos no biodegradables en botaderos legales. • Se instalan letrinas móviles en sitios de concentración de trabajadores (1:15).

108.14	Conveniencia y seguridad pública	• Se garantiza el uso correcto de los equipos de seguridad (mascarillas, guantes, cascos, gafas, botas, tapones para los oídos) en el 100% de los trabajadores.
108.19	Protección de bosques, Parques, Terrenos y propiedades públicas	• El contratista restringe la emisión de fuego en días de mucho viento (velocidades mayores a 2 m/seg) • Se controlarán todas las actividades que puedan conllevar la generación de fuego, así como la presencia continua en obra de medios de extinción, al menos entre junio y septiembre.
108.17	Protección y restauración de la propiedad y el paisaje	• En los almacenamientos se manejan altura del suelo inferiores a los 2.0 m. • Se almacena los suelos orgánicos en los sitios definidos por la supervisión.
108.31	Protección Ambiental 1.- Control de la contaminación del Aire 2.- Contaminación del agua 3.- Control del ruido 4.- Revisión Ambiental, área para bancos de préstamos y botaderos de desechos propuestos por el contratista. 5.- Tratamiento general de los bancos de préstamos, áreas de usos varios y desechos. 6.- Control de la erosión 7.- Compensación	• Se impermeabiliza el área destinada a taller de mantenimiento de equipos y maquinarias. • Se construye muro de contención perimetral en el área de tanque de almacenamiento de hidrocarburos. • Instalación de señales de derrames o fugas de hidrocarburos. • % de trabajadores que usan protectores de oídos con relación a la cantidad total de empleados que laboran en áreas de trabajo ruidosas. • Se laboran en horas entre las 6:00 pm y 7:00 AM. • Se compacta y estabiliza el material excedente. Se re vegeta los botaderos • Se maneja el almacenamiento de materiales orgánicos removidos durante el descapote con alturas inferiores a los dos metros de altura de los bancos de materiales y sitios de botaderos

205	Control temporal de la erosión y sedimentos	• Se redondea las aristas de los taludes y terraplenes.
205.05	Protección de la corriente de agua	• Se construye disipadores de energía en los bajantes de alcantarillas y cunetas. • Se evita los derrames de sustancias y/o materiales de desperdicios de la construcción. • Se restituye morfológicamente las áreas intervenidas dándoles una pendiente mínima hacia el cauce más cercano.
205.07	Abatimiento de polvo	• Se humedece al menos tres veces al día las áreas propensas a la generación del polvo. • Se utiliza carpa para cubrir el material transportado en las unidades de acarreo. • Las unidades que trasladan materiales circulan a velocidades menores de 40 Km/h.

Fuente*: NIC-2000, MTI*

Primer grupo: medidas ambientales evaluadas con unidades de medidas

Entre las unidades de medidas más utilizadas se encuentra: el metro lineal, el número o unidades, el metro cuadrado, el metro cúbico, entre otras.

5.12 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL Y SOCIAL

5.12.1 Introducción

El Programa de Manejo Ambiental y Social para el Estudio de factibilidad y Diseño Final para el Tramo de Carretera DARAILI- VALLE EL BRAMADERO es un componente de importancia en la estructuración de los estudios y diseños del proyecto. Este Programa de manejo se concibe desde una óptica integral en donde se establecen las Estrategias Generales de Manejo y Monitoreo Ambiental, cuyas tareas articularán con los objetivos del Ministerio de Transporte e Infraestructura, las necesidades de conservación y cuidado ambiental, incorporando algunos aspectos físicos y sociales en el área de

influencia y de impacto del proyecto. Además, el Programa de Manejo Ambiental está orientado a garantizar que las medidas de mitigación propuestas se ejecuten, de manera que las posibles alteraciones a producirse en el medio, sean minimizadas y/o mitigadas; así mismo, que las propuestas ambientales estén vinculadas a las actividades de ingeniería y a las otras que se desarrollaran durante el proceso de construcción de la carretera.

Desde la función integradora que cumple el camino, el Programa de Manejo Ambiental considera actividades de mitigación que no solo se circunscriben a las probables alteraciones que se produzcan en la vía, como consecuencia de las obras de construcción, sino que involucra aspectos colaterales que tienen incidencia principalmente en el mantenimiento y la conservación de la vía. Como se trata de una zona en constante y creciente desarrollo, es necesario establecer responsabilidades de función.

La ejecución del Programa de Manejo Ambiental, requiere de la participación de diferentes sectores a los cuales sirve la carretera, no solo en lo que respecta al uso como vía de transporte, sino también a los aspectos indirectos que abarca los siguientes ámbitos: turismo, industria, agricultura, comercio y fundamentalmente a la protección del medio natural.

El programa de manejo ambiental y social contempla una serie de sub programas específicos de implantación de las medidas ambientales- sociales, plan de gestión social, plan se capacitación técnico – ambiental, plan de seguridad, y el plan de seguimiento ambiental.

5.12.2 Objetivo General

Asegurar un avance global positivo, entre la conservación del medio ambiente en el área de influencia del Tramo de Carretera Daraili- Valle Bramadero

El Programa de Manejo Ambiental está diseñado para ser aplicado durante la etapa de construcción de la obra; así como, brindar lineamientos generales a ser aplicados durante las etapas posteriores de operación y mantenimiento de la carretera. Esto con el fin de lograr una mejor y mayor vida útil de esta última y la conservación del entorno de la misma.

5.12.3 Objetivos Específicos.

Los objetivos específicos están orientados a:

- ✓ **Establecer lineamientos de manejo ambiental, que puedan contribuir a la conservación y recuperación progresiva del ámbito por donde discurre el camino rural.**
- ✓ **Describir los lineamientos generales de los sub programa específicos**
- ✓ **Determinar los costos de las medidas ambientales.**

En el presente Programa de Manejo Ambiental- Social, se determinan medidas ambientales tendientes a mitigar los impactos negativos que las acciones del proyecto potencialmente puedan generar. Para establecer las medidas preventivas, de mitigación o correctoras para prevenir, reducir o eliminar los impactos esperados por el proyecto, se parte de la premisa de que siempre es mejor no producirlos que establecer su medida correctora.

En efecto, las medidas correctoras suponen un costo adicional que, aunque en comparación con el importe global del proyecto suele ser bajo, puede evitarse si no se produce el impacto; a esto hay que agregarle que en la mayoría de los

casos las medidas correctoras solamente eliminan una parte de la alteración y, en muchos casos, ni siquiera esto.

Para reducir en gran medida los impactos negativos potencialmente esperados, se consideren medidas protectoras y preventivas durante la fase de construcción de las obras.

En cuanto al momento de su aplicación se considera que, en general, es conveniente realizar las medidas correctoras paralelamente con la construcción de la vía, ya que de este modo se pueden evitar impactos secundarios no deseables, tales como: la erosión de taludes descubiertos de vegetación.

5.12.4 Importantes Actores.

La problemática ambiental es inherente a todos los sectores productivos, administrativos y de gestión, la estrategia enfoca el trabajo desde el punto de vista de la gestión multisectorial.

En el caso particular del sector transporte, deberá ejercer un seguimiento permanente, a fin de que las actividades para la construcción de la carretera se ejecuten en el marco de las recomendaciones establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental y de acuerdo a las normas indicadas en el Manual Centroamericano para la Construcción de Carreteras que Nicaragua ha adoptado y en las NIC-2000.

5.12.5 instrumentos de la Estrategia.

- **Sub programa de implantación de Medidas Ambientales.**
- **Sub programa para el seguimiento y control ambiental institucional**
- **Sub programa para la gestión y obtención de permisos para la ejecución de actividades.**
- **Sub programa de medidas a la reducción de la vulnerabilidad vial.**
- **Sub programa de manejo de los desechos sólidos y líquidos generados por el proyecto.**
- **Sub programa de protección y manejo de áreas protegidas y ecosistemas naturales**
- **Sub programa para la explotación de bancos de materiales**
- **Sub programa de botaderos**
- **Sub programa de siembra y engramados**
- **Sub programa de adquisición de tierras y/o reasentamientos**
- **Sub programa de capacitación vial –ambiental y Sub programa para el señalamiento vial preventivo.**
- **Sub programa de manejo en la seguridad e higiene laboral**
- **Subprograma para la instalación y operación de planteles**
- **Sub programa de contingencia**
- **Sub programa de monitoreo**
- **Costos**

5.13 Sub Programas Ambientales.

Sub programa de implantación de las medidas ambientales.
En este sub programa se incluyó el resumen los lineamientos generales para la implantación de las medidas ambientales principales, identificando los responsables.

5.13.1 Sub programa para el seguimiento y control ambiental institucional

En este sub programa se identificaron las principales unidades administrativas de gestión ambiental se encuentran las unidades de gestiones sectoriales y municipales. Se especificaron con especial énfasis las que tienen mayor vinculación con el tipo de proyecto a la unidad de gestión ambiental del MTI.

Otras unidades administrativas que están vinculadas directamente con el proyecto son las entidades del MARENA, INAFOR, el Ministerio de energía y minas, y la municipalidad de Cárdenas.
Se establecieron los lineamientos de seguimiento, la frecuencia, las instituciones y los instrumentos de verificación.

5.13.2 Sub programa de medidas a la reducción de la vulnerabilidad vial.

Este sub programa consistió en la descripción de las medidas para la reducción de la vulnerabilidad vial.

5.13.3 Sub programa de manejo de los desechos sólidos y líquidos generados por el proyecto.

Dentro de las etapas del ciclo de vida de los residuos (generación, transportación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final), las empresas constructoras o de mantenimiento constituyen el escenario fundamental en el que se desarrollan y se vinculan las diferentes actividades asociadas al manejo de los mismos.

Por lo anterior, resulta importante el manejo de desechos en el contexto de las actividades de construcción, operación y mantenimiento de la vía en estudio, con actividades de Gestión Ambiental, a través de los cuales se potencie el establecimiento de esquemas de manejo seguros que garanticen un mayor nivel de protección ambiental, como parte de las metas y objetivos ambientales del proyecto.

Los costos que demande las acciones de manejo de desechos (sólidos y líquidos) están distribuidos en los costos de la las obras del proyecto.

5.13.4 Sub programa de protección y manejo de áreas protegidas y ecosistemas naturales

La protección de las fuentes hídricas esta descrita dentro de las medidas ambientales que se implementara en el proyecto y las especificaciones descritas en las NIC-2000. Además, se incluye como medida de mejoramiento la reforestación con 5 200 plantas, las cuales están descritas en el sub programa siembra de plantas.

Al finalizar el periodo de mantenimiento de la siembra se entregarán un conjunto de utensilios para el mantenimiento para las plantas a los beneficiarios en donde se sembraron las plantas.

5.13.5 Sub programa para la explotación de bancos de materiales

La descripción del plan de explotación de bancos de materiales está en el anexo 6 página VI.

5.13.6 Sub programa de botaderos

El sub programa de botaderos se describieron los lineamientos generales que se deben cumplir en los botaderos de materiales y la fuente de agua. En este apartado se detallan las medidas, ubicaciones y responsables.

5.13.7 Sub programa de siembra y engramados

En el plan de siembra y engramado se incluyen las cantidades de plantas a compensar definición de las especies tamaños, distancias de siembra, criterios de verificación, lugares de siembra y el responsable de aplicar la medida.

Las labores que será necesario llevar a cabo para realizar un correcto mantenimiento de las siembras y plantaciones serán las siguientes:

- Mantenimiento: Consistirá en la limpieza de malezas para mantener las plantas saludables y con buen crecimiento,
- Replantación y resiembras: sustitución de individuos muertos o enfermos y siembra en claros de vegetación. Esta operación se realizará en época óptima para plantación.
- Riego de mantenimiento: se obviará esta labor cuando las condiciones meteorológicas locales aporten una precipitación suficiente para garantizar la supervivencia de las siembras y plantaciones. De manera general se aplicarán de 4 a 8 riegos de mantenimiento al año durante 2 años.
- Mantenimiento de alcorques: para garantizar que se encuentren siempre en buenas condiciones para recoger el agua. Se realizará al menos 2 veces al año e inmediatamente antes de proceder al primer riego de mantenimiento del año.
- Mantenimiento de tutores y protectores.
- Podas y desbroces. La poda se realizará sólo en caso necesario.

Especificaciones Ambientales Particulares para la siembra de cercas vivas (postes vivos).

Los postes vivos o postes prendedizos es una técnica usada para el establecimiento de cercas vivas. Los postes vivos se plantan generalmente de 2 a 4 metros de distancia (para efecto del proyecto se plantarán a 6 m), la preparación del suelo se limita a los hoyos de plantación. Los postes deben enterrarse lo suficiente (mínimo 20- 30 cm) para que el sistema radicular no sea superficial, y evitar que se caigan.

El mantenimiento: Durante el periodo de establecimiento, los arbolitos deben de mantenerse libres de hierbas para evitar competencia de las malezas durante el periodo de enraizamiento. El método mejor para mantener el terreno húmedo y libre de hierbas, es el arrope toda la faja de siembra se mantiene bajo una capa de 2 – 5 cm de paja, hojarasca o cascarillas de arroz. El arrope no debe tocar el cuello de las plantas, esta fertilización permite acelerar considerablemente el crecimiento y reducir el tiempo necesario para el establecimiento de la cerca.

Periodo de siembra recomendada última semana de abril y primera quincena de mayo.

Tabla Nº 45. Plantas recomendadas para cercas vivas

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Madero negro	*Gliricidia sepium (Jacq.) Steud*	**Fabaceae**
Jicaro sabanero	*Crescentia alata*	**Bignoniaceae**
Tiguilote	*Cordia dentada Poir.*	**Boraginaceae**
Jiñocuabo	*B. simarouba*	**Burseraceae**
Chilamate	*Ficus obtusifolia.*	**Moraceae**
Espino	*Pithecellobium dulce*	**Mimosaceae**
Guácimo	*Guazuma ulmifolia*	**Sterculiaceae**
Ceiba pochote	*Ceiba aesculiafolia*	**Bombacaceae**

Fuente: Elaboración Propia

- Sub programa de gestión para el control de la erosión e inundación del camino

Responsable de aplicar la medida: Empresa constructora.

Responsable de monitorear la medida: Empresa supervisora

Estos sitios han sido retomados por el diseño del proyecto y las formas de construcción están especificadas en los planos y especificaciones particulares del proyecto.

Los parámetros de verificación para el componente ambiental serán a través de los siguientes criterios de aplicación:

- Se revisten las cunetas indicadas por el estudio hidrotécnico.
- Se construyen los tragantes de entrada y salida indicados por el estudio hidrotécnico.
- Se construye disipadores de energía o bajantes en sitios recomendados por el hidrotécnico.
- Se colocan las alcantarillas de alivio en los sitios recomendados por el hidrotécnico

- Se construye los vados las entradas de las viviendas, y caminos de accesos que fueron afectadas por el proyecto y recomendadas por el estudio hidrotécnico.
- Se solicita el permiso a los dueños de predios en donde se construirán canales para el manejo de las aguas que eviten inundación a terrenos aledaños.

5.13.8 Sub Programa de adquisición de tierras y reasentamientos

Con relación a las afectaciones de las casas es preciso hacer notar que, de las 39 casas afectadas, 18 de ellas es inevitable su remoción por encontrarse dentro del prisma de construcción. Asimismo, de los 20 postes que corresponden al tendido eléctrico, 7 de ellos se encuentran dentro del prisma de construcción, y de los 5 postes de tendido telefónico 10 de ellos se encuentran dentro del prisma de construcción. También es inevitable su remoción por encontrarse dentro del prisma de construcción una caseta policial, la cual pertenece al grupo de afectaciones varias.

5.13.9 Sub Programa: Capacitación Vial – Ambiental y de Integración Social.

Presentación del Proyecto **Daraili- Valle Bramadero** de parte de la empresa constructora, dirigida a las autoridades municipales, delegaciones pertinentes del estado, organismos no gubernamentales con presencia en la zona y miembros de organizaciones empresariales, sociales y territoriales. Entre estas organizaciones encontramos Comité de Agua Potable y Saneamiento, Caps; Cooperativas de transporte colectivo, Cooperativas de productores agropecuarios y/o lácteos, Asociación de Ganaderos, Iglesias Evangélicas, Comité de Padres de Familia, Consejo Escolar, C.P.C. y Comités de Desarrollo Municipal.

Implementar talleres de educación vial destinados a los niños, adolescentes, jóvenes estudiantes y docentes en los siete establecimientos de primaria que el Ministerio de Educación, MINED, tiene instalados en los alrededores de la vía a rehabilitar.

Realización de Taller “Medio Ambiente y Desastres naturales” con la finalidad de informar y crear conciencia sobre la relación causal entre la explotación agrícola, la quema sin control, el deterioro ambiental y los desastres naturales.

En Cada una de las obras a realizar (abra y destronque, apertura de zanjas, construcción de drenajes, terracería, instalación de planteles, etc.) se debe contar con al menos en cada punto de trabajo, dos personas (banderilleras) capacitadas y orientadas para regular el flujo del transporte colectivo y de carga, así como de los peatones y su relación directa con el equipo pesado que está movilizando la empresa. La empresa deberá contratar y capacitar como personal de seguridad y señalización a mujeres de la zona con la finalidad de brindarle oportunidad de un empleo temporal y el reconocimiento de sus capacidades laborales.

5.13.10 Sub programa de manejo para la seguridad e higiene laboral

Consiste en identificar las medidas de manejo para la seguridad e higiene laboral., en este subprograma se identifican los objetivos, la organización, los lineamientos, y los responsables.

5.13.11 Subprograma para la instalación y operación de planteles

De manera, compendiada se da a conocer los lineamientos generales para la instalación y operación de planteles. Esto incluye oficinas, talleres de mantenimiento, parqueo de maquinarias, y equipo, planta de asfalto, tanques de almacenamientos de combustibles entre otros. El plan definitivo para la instalación y operación de planteles, será elaborado por el contratista siguiendo con la estrategia constructiva de la empresa que construirá el camino.

5.13.12 Sub programa de contingencia

Se resume el plan de respuesta antes riesgo, en ella se describe cada una de las variables que pueden ocasionar peligro, las medidas preventivas o de respuesta, los criterios de aplicación para las medidas previas a sucederse un evento, y los responsables.

5.13.13 Sub programa de monitoreo

Se presenta en el estudio de impacto ambiental y social el plan de monitoreo ambiental que contiene los impactos negativos significativos, las medidas ambientales, los criterios para la medición, los puntos de control, frecuencia del monitoreo, recursos requeridos, costos totales y los responsables.

5.14 Matriz de Caracterización del Proyecto

Para Valorar los impactos ambientales se hará de una forma cualitativa y cuantitativa, para la valoración Cualitativa del Proyecto se debe tener una visión genérica del Proyecto en el cual se desarrollan las características y datos básicos de interés para el estudio, en este caso solo se está estudiando la etapa de construcción, en la cual las actividades se miran en forma de Esquema.

Para realizar lo antes descrito se utilizará una matriz de Impacto del tipo Causa-Efecto que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las Filas los Factores Medio Ambientales susceptibles a recibir impacto. Esta matriz permitirá identificar prevenir y comunicar los efectos del Proyecto en el Medio para posteriormente valorarlos.

Una vez identificadas la acciones y Factores del Medio que serán afectados se realiza la Matriz de importancia la cual nos permitirá obtener una valoración al nivel requerido. Esta valoración se efectuará a partir de una matriz de impacto y lo que se tomara en cuenta es:

- Naturaleza del impacto: positiva o negativa.
- Intensidad: grado de daño o beneficio del impacto.
- Extensión: superficie del impacto sobre el territorio
- Momento: plazo de manifestación del impacto en el tiempo

- Persistencia: permanencia del impacto
- Reversibilidad: Posibilidad de volver a la situación pre impacto.
- Sinergia: regularidad de la Manifestación.
- Acumulación: niveles de incremento progresivo del impacto
- Efecto: nivel de la relación del impacto con otras situaciones impactantes.
- Periodicidad: regularidad de la manifestación).
- Recuperabilidad: Reconstrucción por Medios Humanos.

Simultáneamente las matrices de Causa-Efecto y de Importancia permitieran describir las principales características del proyecto estudiado, analizando las actividades que potencialmente pueden generar impactos sobre el medio ambiente del área de Influencia del mismo.

Las matrices permitieron posteriormente cruzar la información anterior entre proyecto y estado inicial del medio, obteniendo como resultado la identificación de los cambios de las cualidades o atributos de los componentes del medio ambiente local (efectos ambientales, positivos o negativos), sobre la base de relaciones causa-efecto. A partir de allí se procedió a valorar los impactos ambientales.

Para la evaluación de los impactos se estructuró una matriz que permitió asignar valores a cada situación según sus atributos o características, tales como intensidad o grado de beneficio o daño, extensión o superficie física de expresión de la afectación, momento de su manifestación y niveles de reversibilidad del mismo, entre otras.

Para obtener un valor cuantitativo de la importancia del impacto se hizo uso de la siguiente Fórmula:

$$I = +/- (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde:

I: Intensidad.
EX: Extensión
MO: Momento.

PE: Persistencia.

RV: Reversibilidad

SI: Sinergia.

AC: Acumulación.

EF: Efecto.

PR: Periodicidad.

RC: Recuperabilidad.

- Matriz de Causa-Efecto

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS									M001
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCIÓN							
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO							
		Preliminares	Movilización y Desmovilización	Movimiento de Tierra	Carpeta de Rodamiento	Cunetas, Andenes y Bordillos	Obras de drenaje	Señalización Vertical y Horizontal	Limpieza y Entrega
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CLIMA	M1								
CALIDAD DEL AIRE	M2	x		x					
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3	x	x	x	x				
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4	x		x					
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5						x		
SUELO	M6	x		x					
VEGETACION	M7								
FAUNA	M8								
PAISAJE	M9								
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10								
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11								
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12	x	x	x	x	x	x		
ACUEDUCTO	M13								
ALCANTARILLADO	M14								
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15								
HABITAT HUMANO	M16								
ESPACIOS PUBLICOS	M17								
PAISAJE URBANO	M18								
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19								
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20								
SALUD	M21			x					
CALIDAD DE VIDA	M22	x	x	x	x	x	x	x	x
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23								
VULNERABILIDAD	M24								
ECONOMIA	M25	x	x	x	x	x	x	x	x
RELACIONES DEPENDENCIA	M26								
FUENTES ENERGETICAS	M27								

Finalmente, como resultado de la propuesta de medidas ambientales se propone el plan de gestión ambiental donde se describen aspectos asociados a la política ambiental para el proyecto.

VI. Conclusiones, recomendaciones y Bibliografía.

6.1 Conclusiones.

De acuerdo a los objetivos planteados concluimos lo siguiente:

6.1.1 Para el estudio de tráfico

El aforo realizado durante la semana del 22 de mayo 2017 – 26 de mayo 2017, genero un TPDA de 639 vehículos/día.

En base al TPDA se obtuvo una composición vehicular de: Vehículos livianos de pasajeros correspondiente al 89.77%, siendo a su vez los de mayor porcentaje las motos con un 59.51% y el segundo tipo de vehículo con porcentaje considerable sería el de las camionetas con un 14.91%. Y con menos afluencia los Vehículos de carga: con un 3.29% del tránsito total que circula por el tramo de estudio.

La tasa anual de crecimiento utilizada para el Factor de Crecimiento de la proyección del tránsito fue de 4.70% respecto al tiempo de los últimos cinco años, de cada una de las cuatro variables: Parque vehicular, Crecimiento poblacional, Consumo de combustible y Producto interno bruto.

Las Repeticiones Totales esperadas en el Carril de Diseño (ESAL'S o W18), son de: 160,733.39 ˜ 1.60733 x 10^5.

6.1.2 Para el estudio de suelo

Después de analizar mediante perfiles estratigráficos todas las muestras representativas de los suelos del tramo en diseño y estudiar los resultados se determinó que no es posible utilizar la capa de rodadura existente como soporte de la estructura de pavimento de adoquín, por lo que es necesario la colocación de una base granular estabilizada que cumpla con las especificaciones técnicas contenidas en la NIC-2000, la cual nos permitirá aumentar la resistencia del suelo cuando se le transmitan las cargas impuestas por el tráfico.

El CBR de diseño de Subrasante se determinó a partir del método propuesto por el Instituto Chileno de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total de los percentiles 60, 75, o 87.5 según el número de Repeticiones esperadas en el tramo en diseño.

Resultando un CBR para Subrasante de 13.80%.

De las dos fuentes de materiales estudiadas. La fuente de material seleccionada en el diseño es el banco “Adolfo Benavidez”, porque cumple con los requerimientos mínimos en cuanto a índices de CBR, Limite líquido e Índice de plasticidad.

En todos los sitios explorados no se detectó la presencia del nivel freático a las profundidades investigadas de 1.50 metros.

6.1.3 Diseño de la estructura de Pavimento.

En el diseño de la estructura de pavimento de adoquín se utilizó el método AASTHO-93, método también conocido como “Diseño con Verificación por Capas” y se propuso un adoquín de 4” de espesor.

El espesor propuesto de la base granular es de 3.85 pulgadas, valor con el cual la Resistencia Portante del suelo y el Módulo de Reacción de la Subrasante se incrementan lo suficiente como para resistir las cargas dinámicas transferidas desde la capa de rodamiento de adoquín.

No es necesario utilizar capa subbase en el diseño, ya que es evidente que en los cálculos se demuestra llevando a cabo el uso del método de diseño de verificación por capas del manual de Diseño de Pavimentos AASHTO-93.

6.1.4 Para el Impacto Ambiental.

La ejecución de dicho proyecto tendrá un impacto positivo en el sector turístico, agropecuario, y comercial favoreciendo la inversión nacional y foránea en estos rubros lo que impactará es en la generación de empleos y de ingresos a los pobladores de la zona; con lo cual se espera incidir en la reducción de los índices de pobreza.

El tiempo de traslado de mercaderías y personas se reducirá, las unidades de transporte tendrán menos costos en su mantenimiento y el acceso a los mercados se facilitará debido a las mejores condiciones que presentará el camino una vez realizado este proyecto.

Una vez elaborado el Estudio Ambiental como parte de los Estudios y Diseño final para el tramo, se logró comprobar que los impactos negativos esperados que generará en el proyecto sobre el medio ambiente son de mediana importancia, y en su conjunto son mitigables. Salvo en el caso del despeje de viviendas asentadas en el derecho de vía para la construcción de la carretera.

6.2 Recomendaciones.

Se recomienda que el adoquín a usarse, incluyendo los medios adoquines (cuchillas), serán del denominado TIPO 1, cuya Resistencia a la compresión no deberá ser menor que 247kg/cm2 que equivalen a 3513 psi según la norma técnica nicaragüense NTON 12 009-10 para adoquines de concreto.

Durante la construcción de la obra se recomienda que sean respetados los espesores obtenidos según el diseño, la calidad de los materiales utilizados deberá cumplir con los parámetros utilizados al momento de diseñar garantizando así que la estructura cumpla su función de manera satisfactoria.

6.3. Bibliografía.

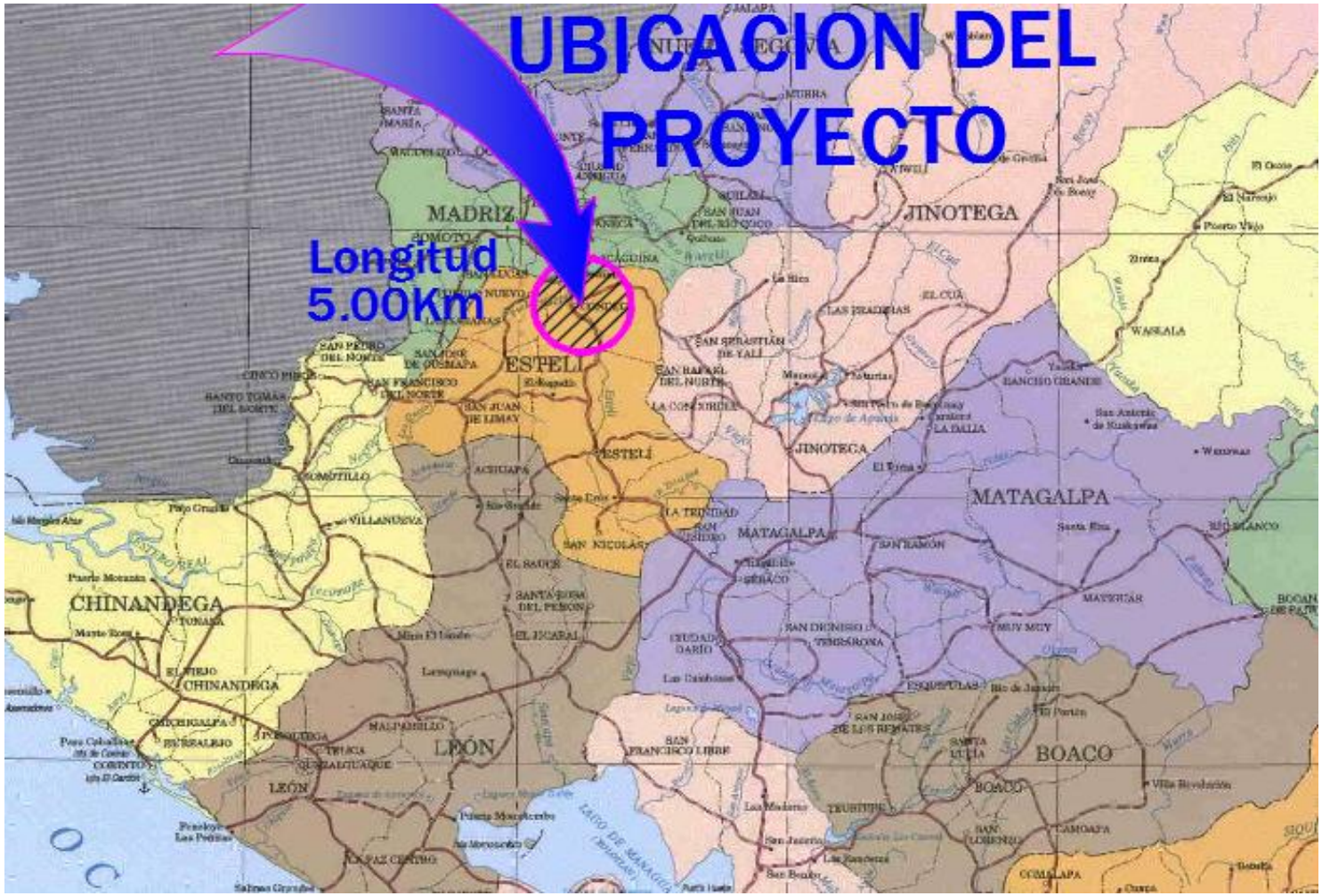
- *Anuario de Aforos de Trafico - MTI, año 2016.*
- *Diseño de Pavimentos. AASHTO-93, 3era Edición, año 1993.*
- *Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes.* (NIC-2000).
- *Mecánica de Suelos. - Crespo Villalaz.5ta Edición, año 2004.*
- *Mecánica de Suelos Tomo 1. - Juárez Badillo, 2da Edición, año 1973.*
- *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Adoquines de Concreto Requisitos (NTON 12 009 - 10).*
- *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales.* (SIECA - 2004).

Documentos de Internet.

- *Anuarios Estadísticos Población y Hechos Vitales. Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo (INIDE).*
  http://www.inide.gob.ni/Anuario
- *Dirección General de Hidrocarburos - Instituto Nicaragüense de Energía (INE).*
  http://www.ine.gob.ni/estadisticasdgh.html
- *Estadísticas Macroeconómicas - Banco Central de Nicaragua (BCN).*
  http://www.bcn.gob.ni/

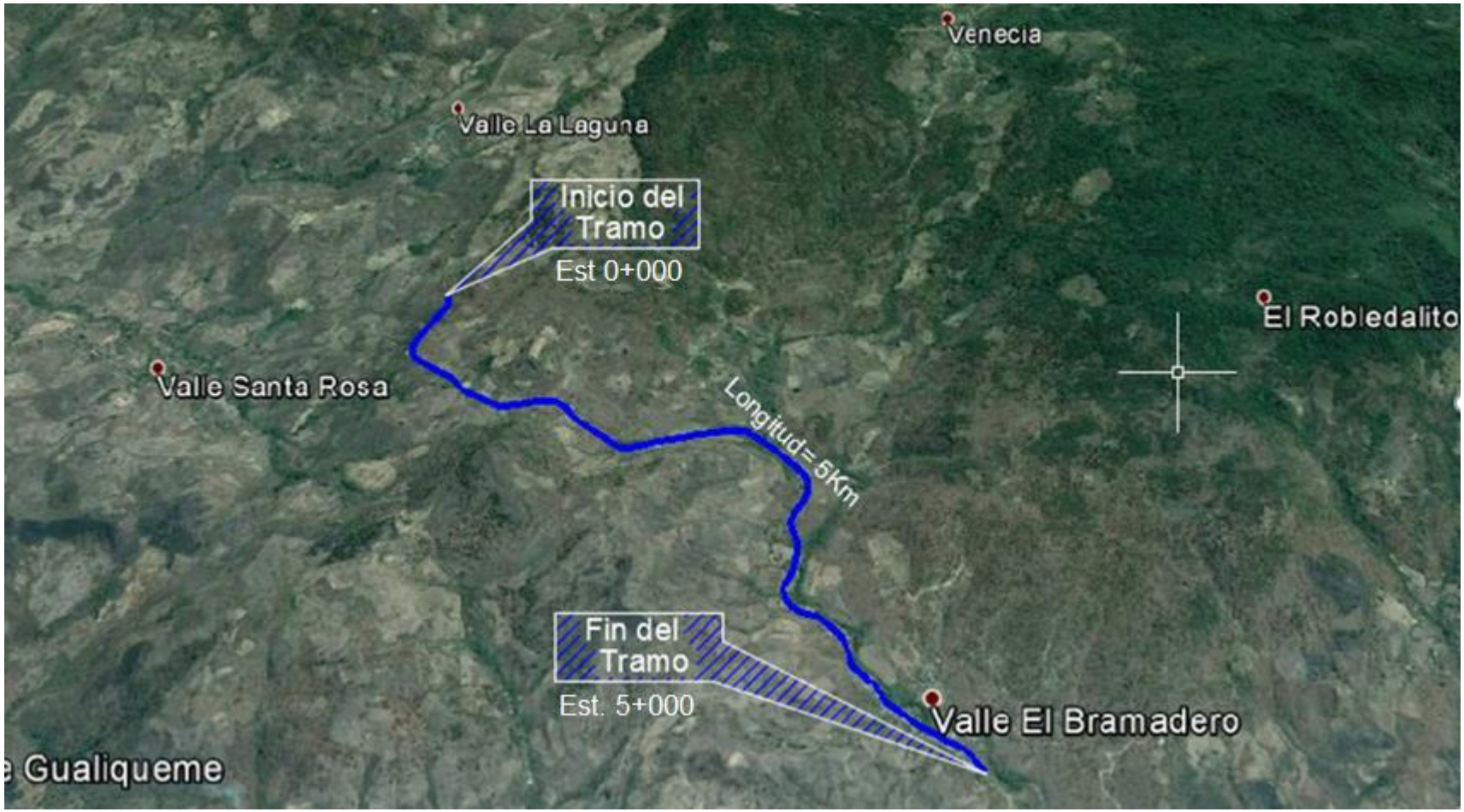
ANEXOS.

Gráfico N°11 Macro localización.



Fuente: Mapa de Nicaragua INETER

Gráfico N°12 Micro Localización



Fuente: Google Earth

Tabla N°46 Formato de conteo vehicular de Este a Oeste día lunes.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	1			ESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	LUNES 22 MAYO	**AÑO:**	2017	OESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PASAJEROS						Pesados de Carga								Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5		Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	12	3		2			1		1										3	22
07:00 a.m.	08:00 a.m.	10	2	1	2			1	1												17
08:00 a.m.	09:00 a.m.	10	2		2	1		1		1										1	18
09:00 a.m.	10:00 a.m.	15	1		3			1	1												21
10:00 a.m.	11:00 a.m.	12	1		1			1		1											16
11:00 a.m.	12:00 p.m.	11	3		4			1													19
12:00 p.m.	01:00 p.m.	9	3		3			1	1	1										1	19
01:00 p.m.	02:00 p.m.	7	1					1													9
02:00 p.m.	03:00 p.m.	18	2		2															1	23
03:00 p.m.	04:00 p.m.	10	2	2	1			1		1											17
04:00 p.m.	05:00 p.m.	10	2		4			1												1	18
05:00 p.m.	06:00 p.m.	15	3		8					1										1	28
Total		139	25	3	32	1	0	10	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	227

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°47 Formato de conteo vehicular de Oeste a Este día lunes.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	1		
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	LUNES 22 MAYO	**AÑO:**	2017

SENTIDOS
OESTE
ESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PAJAJEROS						Pesados de Carga							Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	15		1	5			1	1	1									1	25
07:00 a.m.	08:00 a.m.	19			2			1											1	23
08:00 a.m.	09:00 a.m.	10	2		4			1	2	2									2	23
09:00 a.m.	10:00 a.m.	16	1		3			1	1											22
10:00 a.m.	11:00 a.m.	9			1			1		1	2									14
11:00 a.m.	12:00 p.m.	10	3	1	3			1	1										2	21
12:00 p.m.	01:00 p.m.	9			3															12
01:00 p.m.	02:00 p.m.	9	2		2															13
02:00 p.m.	03:00 p.m.	13	1		3			1	1										2	21
03:00 p.m.	04:00 p.m.	12			3			1												16
04:00 p.m.	05:00 p.m.	10	1	1	4			1		1										18
05:00 p.m.	06:00 p.m.	15			3			1											4	23
Total		147	10	3	36	0	0	10	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	12	231

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°48 Formato de conteo vehicular de Este a Oeste día Martes.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	2			ESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	MARTES 23 MAYO	**AÑO:**	2017	OESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PASAJEROS						Pesados de Carga							Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	8	1		4			1		2									3	19
07:00 a.m.	08:00 a.m.	8	2		3			1		2									1	17
08:00 a.m.	09:00 a.m.	7	4	1	1			1												14
09:00 a.m.	10:00 a.m.	5	2		6		1	1		2										17
10:00 a.m.	11:00 a.m.	15	3					1												19
11:00 a.m.	12:00 p.m.	10	3		5			1												19
12:00 p.m.	01:00 p.m.	12	2		1			1		2										18
01:00 p.m.	02:00 p.m.	11	1	1	1					1										15
02:00 p.m.	03:00 p.m.	19	2		1			1		1									2	26
03:00 p.m.	04:00 p.m.	12	2		1			1											1	17
04:00 p.m.	05:00 p.m.	18	4		6			1											1	30
05:00 p.m.	06:00 p.m.	10	1	1	6					1									2	21
Total		135	27	3	35	0	1	10	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	10	232

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°49 Formato de conteo vehicular de Oeste a Este día Martes.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	2			OESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	MARTES 23 MAYO	**AÑO:**	2017	ESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PAJAJEROS						Pesados de Carga							Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	10		2	4			1	2										4	23
07:00 a.m.	08:00 a.m.	15	3		3					2									3	26
08:00 a.m.	09:00 a.m.	7	2		2			2											1	14
09:00 a.m.	10:00 a.m.	10			2			1												13
10:00 a.m.	11:00 a.m.	16	3		2			1												22
11:00 a.m.	12:00 p.m.	9	1		1			1											1	13
12:00 p.m.	01:00 p.m.	10	5		1					1									1	18
01:00 p.m.	02:00 p.m.	15			1						1									17
02:00 p.m.	03:00 p.m.	9	3		1			1	1										1	16
03:00 p.m.	04:00 p.m.	15	3	1	1			1												21
04:00 p.m.	05:00 p.m.	11	2		6			1		1									2	23
05:00 p.m.	06:00 p.m.	9		1	7			1		1									3	22
Total		136	22	4	31	0	0	10	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	16	228

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°50 Formato de conteo vehicular de Este a Oeste día Miércoles.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	3			ESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	MIERCOLES 24 MAYO	**AÑO:**	2017	OESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PASAJEROS						Pesados de Carga							Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	13	1		3			1			1								2	21
07:00 a.m.	08:00 a.m.	9	4		3			1											3	20
08:00 a.m.	09:00 a.m.	15	3		2			1	1										2	24
09:00 a.m.	10:00 a.m.	9	1		2			1												13
10:00 a.m.	11:00 a.m.	7	3		6		1	1	1											19
11:00 a.m.	12:00 p.m.	10	2		3			1												16
12:00 p.m.	01:00 p.m.	12	1		2			1	1											17
01:00 p.m.	02:00 p.m.	9	1		2				1	1										14
02:00 p.m.	03:00 p.m.	7	2		1			1	1											12
03:00 p.m.	04:00 p.m.	16	2		3			1		1										23
04:00 p.m.	05:00 p.m.	13	3		5			1												22
05:00 p.m.	06:00 p.m.	11			2						1									14
Total		131	23	0	34	0	1	10	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	7	215

Tabla N°51 Formato de conteo vehicular Oeste a Este día Miércoles.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	3		
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	MIERCOLES 24 MAYO	**AÑO:**	2017

SENTIDOS
OESTE
ESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PAJAJEROS						Pesados de Carga								Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5		Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	8		1	5			1	1	1										3	20
07:00 a.m.	08:00 a.m.	12	2		4			1	1											2	22
08:00 a.m.	09:00 a.m.	11	3		3			1													18
09:00 a.m.	10:00 a.m.	9	1		2			1													13
10:00 a.m.	11:00 a.m.	8	2		3			1	1												15
11:00 a.m.	12:00 p.m.	11	3		2			1													17
12:00 p.m.	01:00 p.m.	7			2					1											10
01:00 p.m.	02:00 p.m.	15	4		3				2												24
02:00 p.m.	03:00 p.m.	10			2			1		1											14
03:00 p.m.	04:00 p.m.	10	1		4	1		1			1										18
04:00 p.m.	05:00 p.m.	15	3		3			1	1		1										24
05:00 p.m.	06:00 p.m.	11	2		5			1	2												21
Total		127	21	1	38	1	0	10	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	216

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°52 Formato de conteo vehicular Este a Oeste día Jueves.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	4			ESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	JUEVES 25 MAYO	**AÑO:**	2017	OESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PASAJEROS						Pesados de Carga								Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5		Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	14	3		3			1												5	26
07:00 a.m.	08:00 a.m.	10	3		4			1		2	1									3	24
08:00 a.m.	09:00 a.m.	15	2		3			1												1	22
09:00 a.m.	10:00 a.m.	8	1		2			1													12
10:00 a.m.	11:00 a.m.	19	2		3			1	1												26
11:00 a.m.	12:00 p.m.	15	2		3	1		1													22
12:00 p.m.	01:00 p.m.	8	1		1			1													11
01:00 p.m.	02:00 p.m.	18	1	1	3					1										1	25
02:00 p.m.	03:00 p.m.	8	0		5			1													14
03:00 p.m.	04:00 p.m.	7	1		2			1													11
04:00 p.m.	05:00 p.m.	8	2		3			1		1										2	17
05:00 p.m.	06:00 p.m.	9			2															3	14
Total		139	18	1	34	1	0	10	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15	224

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°53 Formato de conteo vehicular de Oeste a Este día Jueves.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	4			OESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	JUEVES 25 MARZO	**AÑO:**	2017	ESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PAJAJEROS						Pesados de Carga								Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5		Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	8	3	1	4			1	1	1	2									5	26
07:00 a.m.	08:00 a.m.	12	2		5			1		1										4	25
08:00 a.m.	09:00 a.m.	10			4			1												2	17
09:00 a.m.	10:00 a.m.	16	1		3			1	1											1	23
10:00 a.m.	11:00 a.m.	12	3		2			1	1	1											20
11:00 a.m.	12:00 p.m.	9	1		4			1													15
12:00 p.m.	01:00 p.m.	12	2		3																17
01:00 p.m.	02:00 p.m.	15	1		2				1	1											20
02:00 p.m.	03:00 p.m.	12	3		3			1													19
03:00 p.m.	04:00 p.m.	10			2			1	1	1										1	16
04:00 p.m.	05:00 p.m.	12	1		5	1		1												2	22
05:00 p.m.	06:00 p.m.	13			6			1												3	23
Total		141	17	1	43	1	0	10	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	18	243	

Fuente: Elaboración Propia

X

Tabla N°54 Formato de conteo vehicular de Este a Oeste día Viernes.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	5			ESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	VIERNES 26 MAYO	**AÑO:**	2017	OESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PASAJEROS						Pesados de Carga							Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	10	3		1			1											1	16
07:00 a.m.	08:00 a.m.	8	2		2			1											2	15
08:00 a.m.	09:00 a.m.	12	1	1	3			1	1	2	1								4	26
09:00 a.m.	10:00 a.m.	7	2		1	1		1												12
10:00 a.m.	11:00 a.m.	13	2		4			1	1											21
11:00 a.m.	12:00 p.m.	8	1		2			1											3	15
12:00 p.m.	01:00 p.m.	12	3		3			1	1											20
01:00 p.m.	02:00 p.m.	11	3	1	1				1	1										18
02:00 p.m.	03:00 p.m.	14	1		3			1	1											20
03:00 p.m.	04:00 p.m.	15	1		2			1		1										20
04:00 p.m.	05:00 p.m.	10			4			1												15
05:00 p.m.	06:00 p.m.	15			5															20
Total		135	19	2	31	1	0	10	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	10	218

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°55 Formato de conteo vehicular de Oeste a Este día Viernes.

Estudio de Tráfico

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRAFICO DE 12 HORAS (06:00AM -06:00PM)

ESTACION N° :	**307**	**TIPO :**	NO PAVIMENTADA	**SEMANA:**	1	**SENTIDOS**
CARRETERA :	**NIC-3**	**CONTEO :**	5			OESTE
UBICACIÓN KM:	**KM 202.5**	**FECHA :**	VIERNES 26 MAYO	**AÑO:**	2017	ESTE

Hora		Moto	VEHICULOS DE PAJAJEROS						Pesados de Carga							Equipo Pesado		Otros	Bicicleta	Total VPH
			Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Minibus MB >15 P	Bus	Liv. De C.	C-2	C-3	Tx-Sx<4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	Veh. Agríc	Veh. Const			
06:00 a.m.	07:00 a.m.	12	3		2			1		1									2	21
07:00 a.m.	08:00 a.m.	12	2	1	5			1	1										1	23
08:00 a.m.	09:00 a.m.	9	1		8			1											2	21
09:00 a.m.	10:00 a.m.	10	1		5			1		1									2	20
10:00 a.m.	11:00 a.m.	13	2	1	3			1	1										1	22
11:00 a.m.	12:00 p.m.	15	2		5			1		1	1									25
12:00 p.m.	01:00 p.m.	9	1		3															13
01:00 p.m.	02:00 p.m.	8	3		1				1										1	14
02:00 p.m.	03:00 p.m.	7	1		2			1											1	12
03:00 p.m.	04:00 p.m.	8	2		2	1		1	1	1									1	17
04:00 p.m.	05:00 p.m.	17	2		1			1	1										1	23
05:00 p.m.	06:00 p.m.	13			4			1											3	21
Total		133	20	2	41	1	0	10	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	15	232

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°56 Factores de Estación 307 El Tule - Condega.

Camino: NIC-3	**Estación:** 307	**Tramo:** El Tule - Condega (Inter Nic-1)						**Período** L	**Días:** 3	**Horas:**	**Mes/Año** enero 2016			**Km:** 217.700			
Grupos	**Motos**	**Vehículos de Pasajeros**						**Vehículos de Carga**							**Equipo Pesado**			**Total**
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.	**Otros**	
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	20	1		15	0		16	5	10	1							2	70
Factor Dia	1.38	1.46	1.33	1.33	1.31	1.32	1.34	1.31	1.35	1.23	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.43	
Factor Semana	1.00	1.11	1.11	1.03	0.98	0.96	0.94	0.93	0.88	0.88	1.00	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	
Factor Expansión	1.01	0.95	0.89	0.98	0.98	0.96	0.95	0.91	0.85	0.95	1.00	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.08	
TPDA Ene-Abr	28	2		20			19	6	10	1							4	90
% TPDA	31.11	2.22		22.22			21.11	6.67	11.11	1.11							4.44	100.00
% Vehículos Livianos	55.56%							**% Vehículos Pesados**	40.00%								4.44%	100.00%

Fuente: Anuario de aforo 2016 (MTI).

Gráfico N°13 Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico MTI.

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

Fuente: Anuario de aforo 2016. (MTI)

Tabla N°57 Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, SN=2, pt=2.0

Carga por ejes (KIPS)	Numero Estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
2.20					**0.0003**	
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
4.40					**0.003**	
6	0.009	0.012	0.011	0.01	0.009	0.009
6.60					**0.014**	
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
8.80					**0.046**	
9.00					**0.051**	
9.90					**0.076**	
10	0.075	0.085	0.09	0.085	0.079	0.076
11.00					**0.12**	
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.35	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
17.60					**0.921**	
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.4	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.40	10.00	9.20	8.60	8.70	9.20
32	14.00	13.50	12.40	11.50	11.50	12.10
34	18.50	17.90	16.30	15.00	14.90	15.60
36	24.20	23.30	21.20	19.30	19.00	19.90
38	31.10	29.90	27.10	24.60	24.00	25.10
40	39.60	38.00	34.30	30.90	30.00	31.20
42	49.70	47.70	43.00	38.60	37.20	38.50
44	61.80	59.30	53.40	47.60	45.70	47.10
46	76.10	73.00	65.60	58.30	55.70	57.00
48	92.90	89.10	80.00	70.90	67.30	68.60
50	113.00	108.00	97.00	86.00	81.00	82.00

Fuente: Manual AASHTO-93 Diseño de pavimentos.

Tabla N°58 Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, SN=2, pt=2.0

Carga por ejes (KIPS)	Numero Estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.34	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
36.30					**1.43**	
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	6.83

Fuente: Manual AASHTO-93 Diseño de pavimentos.

Gráfico N°14 Diagrama de vehículos pesados.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Dirección general de Vialidad – departamento de pesos y dimensiones.

Tabla N° 59 clasificación de suelos (AASHTO).

TABLA Nº 1 : Clasificación de Suelos según AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del35% que pasa el tamiz Nº 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					Regular a Deficiente					

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6
mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6
dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: (Crespo Villalaz - Mecánica de Suelos).