

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE
PAVIMENTO ARTICULADO POR EL
MÉTODO DE LA AASHTO-93, DE 1.17
KILÓMETROS DEL TRAMO DE
CARRETERA EMPALME LARREYNAGA
– LARREYNAGA, EN EL MUNICIPIO DE
LARREYNAGA, DEPARTAMENTO DE
LEÓN.**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Christian Rodolfo Calderón
Cárdenas
Carnet: 2008-23910

Tutor:

Ing. Claudia Verónica Reyes Romero

15 de agosto del 2024
Managua, Nicaragua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

Managua, 09 de agosto del 2024

MSc. Luis Alberto Chavarría Valverde
Director
Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines
Universidad Nacional de Ingeniería – UNI
Su Despacho

Estimado MSc. Chavarría:

Actuando como tutora del trabajo monográfico titulado **“DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO DE LA AASHTO-93, DE 1.17 KILOMETROS DEL TRAMO DE CARRETERA EMPALME LARREYNAGA – LARREYNAGA, EN EL MUNICIPIO DE LARREYNAGA, DEPARTAMENTO DE LEON”**, elaborado por el Br. Christian Rodolfo Calderon Cárdenas, considero que cumple con los objetivos establecidos y las normas de presentación de trabajos monográficos de la institución.

Se remiten tres (3) tantos originales de documento de monografía y (3) CD adjuntos con archivos en digital. Por lo cual, recomiendo que se presente el trabajo al área de culminación de estudios para que se inicien los trámites pertinentes para la defensa monográfica.

Cabe señalar que se ha contribuido para asegurar que este trabajo cumpla con las normativas requeridas para optar al título de Ingeniero Civil mediante esta modalidad de culminación de estudios, así como para alcanzar los objetivos planteados en su protocolo.

Deseándole siempre éxito en el cumplimiento de sus funciones, le saludo.

Cordialmente,

Ing. Claudia Verónica Reyes Romero

Tutora

CC.:/Archivo Personal.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.097
Managua, 29 Julio del 2022

Bachiller
CHRISTIAN RODOLFO CALDERÓN CÁRDENAS
Estimado Bachiller:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado: **"DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO DE LA AASHTO-93, DE 1.17 KILOMETROS DEL TRAMO DE CARRETERA EMPALME LARREYNAGA – LARREYNAGA, EN EL MUNICIPIO DE LARREYNAGA, DEPARTAMENTO DE LEÓN"** Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **Ing. Claudia Verónica Reyes Romero**. Sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **29 Enero del 2023**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente



M.Sc. Miguel Antonio Fonseca Chávez
Decano

CC: Protocolo
Tutor Ing. Claudia Verónica Reyes Romero
Archivo*Consecutivo



Bachiller

CHRISTIAN RODOLFO CALDERÓN CÁRDENAS

Estimado Bachiller:

En atención a su carta de solicitud de **AMPLIACION DEL TIEMPO DE ENTREGA**, para efectuar la pre-defensa de su trabajo de **Monografía** titulado: **"DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO DE LA AASHTO-93, DE 1.17 KILOMETROS DEL TRAMO DE CARRETERA EMPALME LARREYNAGA – LARREYNAGA, EN EL MUNICIPIO DE LARREYNAGA, DEPARTAMENTO DE LEÓN "**. Esta Decanatura le aprueba **3 MESES DE AMPLIACION**, considerando los problemas planteados en su comunicación.

La fecha limite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **29 de ABRIL del 2023**. Para la programación de su fecha de pre-defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente



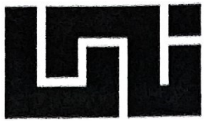
M.Sc. Miguel Antonio Fonseca Chávez
Decano

CC. Prorroga

Tutor – Ing. Claudia Verónica Reyes Romero

Archivo-Consecutivo





Área de Conocimiento de
Ingeniería y Afines

Managua, 17 de abril de 2024

Bachiller
Christian Rodolfo Calderón Cárdenas

Estimados Bres:

Por medio de la presente les comunico que esta Dirección autoriza Ampliación de Tiempo por un (1) mes (**13 de mayo 2024**), para la entrega de trabajo Monográfico titulado: **"DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO DE LA AASHTO-93, DE 1.17 KILOMETROS DEL TRAMO DE CARRETERA EMPALME LARREYNAGA - LARREYNAGA, EN EL MUNICIPIO DE LARREYNAGA, DEPARTAMENTO DE LEON"**, bajo la Tutoría de la Ing. **Claudia Verónica Reyes Romero**.

Sin otro particular, me despido.

Fraternalmente,

MSc. Luis Alberto Chavarría Valverde
Director
Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines



Cc: *MSc. Ing. Matilde Avilés Medal – Jefa de Programa Académico Ing. Civil*
Archivo. -



Teléfono: (505) 2251 8276



Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.



luis.chavarría@fti.unl.edu.ni
www.unl.edu.ni

DEDICATORIA

Este trabajo monográfico lo dedico principalmente a Dios, quien ha sido mi guía durante todo este camino recorrido, dando las fuerzas necesarias para seguir adelante y cumplir con la meta propuesta.

A Camila Victoria, mi hija, por ser el principal motor y motivo para la realización de este trabajo y la culminación de un largo recorrido de aprendizaje.

A Carmenza Gutiérrez, sé que estarías muy orgullosa de la recompensa que trae la constancia.

A mis padres y familia, por su amor, trabajo, sacrificio y apoyo incondicional durante todo este proceso.

Br. Christian Rodolfo Calderón Cárdenas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme iluminado y permitirme llegar hasta este punto de formación, por otorgarme salud, templanza y constancia; lo necesario para seguir adelante día a día y lograr mis objetivos.

A Camila Victoria, mi principal motivación para seguir adelante y forjarme como ejemplo hacia ella y Belkis por esas palabras de motivación desinteresadas.

A Margarita, Scarleth, Oliver, Helena, Andrés y Francisco; mi familia, esas personas que principalmente te dan la energía necesaria para cumplir lo que uno se propone

Ing. Claudia Verónica Reyes Romero, por su constante orientación en el desarrollo de este trabajo monográfico.

Br. Christian Rodolfo Calderón Cárdenas.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tiene como objetivo realizar una propuesta de diseño estructural de pavimento articulado por el Método de la AASHTO-93, de 1.17 kilómetros del tramo de carretera Empalme Larreynaga – Larreynaga, en el municipio de Larreynaga, departamento de León.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto como: dónde estará ubicado, breve introducción, antecedentes, justificación sobre la importancia del diseño de 1.17 kilómetros de pavimento articulado y objetivos propuestos necesarios para lograr con éxito su diseño final.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

Para este capítulo se realizó un aforo vehicular en el cual se presenta el estudio y análisis de tránsito, necesario para determinar el número de ESAL's, descripción de la recopilación de datos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento (T_c), período de diseño, proyección del tránsito, tránsito inicial en el año 0, factor de crecimiento (FC), factor de distribución direccional (F_d), factor carril (F_c), y tránsito de diseño (TD), en un periodo de años (n).

CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Aquí se presenta la información sobre el estudio de suelo suministrado por la Empresa Constructora 3 (COERCO-ECONS-3), por medio del laboratorio de materiales del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, donde se analizaron las características físico-mecánicas de los suelos, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación; para la determinación de su utilidad en la vía como base y subbase que soportarán las cargas a las que serán sometidas, inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO.

Después de conocer las propiedades del suelo y realizar las proyecciones del tráfico se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas,

para la comprobación del diseño y haciendo uso de los principales parámetros asumidos para determinar los espesores del tramo a adoquinar fueron: confiabilidad (R), desviación estándar (S_o), capacidad de servicio inicial (P_o), capacidad de servicio final (P_t), pérdida de serviciabilidad (Δpsi), coeficiente de drenaje (m_i), coeficientes de capa (a_i), número de ejes equivalentes ESAL's W18 o número de aplicaciones equivalente a 18 KN y módulo resiliente de la subrasante (MR). Estos parámetros brindarán los espesores de la estructura de pavimento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones se basan en los resultados obtenidos en los estudios anteriores y el diseño. Las recomendaciones deberán ser tomadas en cuenta para la futura construcción del tramo en mención y a la vez para la planificación de los futuros trabajos de mantenimiento del tramo.

Al final del documento se muestra la referencia bibliográfica y todos los anexos relacionados con el desarrollo de este estudio.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1 INTRODUCCION	1
1.1.1 Localización del proyecto	2
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 JUSTIFICACION	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO	
2.1 Introducción	8
2.2 Recopilación de datos	8
2.2.1 Tipos de vehículos	8
2.2.2 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes	9
2.3 Procesamiento de información	10
2.4 Análisis de la información obtenida	10
2.5 Estación de conteo vehicular	10
2.6 Procesamiento de datos	11
2.6.1 Resumen del aforo vehicular	12
2.6.2 Cálculo del TPDA	15
2.6.3 Composición vehicular	20
2.7 Tasa de crecimiento de variables relacionadas con el tránsito	20
2.7.1 Determinación de la tasa de crecimiento	22
2.8 Determinación del tránsito de diseño.	22
2.8.1 Período de Diseño (PD).	23
2.8.2 Factor de Crecimiento (FC)	25
2.8.3 Factor Distribución por Dirección (FD).	25
2.8.4 Factor Distribución por Carril (fc)	26
2.8.5 Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).	27
2.8.6 Índice de Serviciabilidad Final (Pt).	27

2.8.7 Pérdida de Serviabilidad (Δ PSI).	28
2.8.8 Número Estructural Asumido (SN).	28
2.8.9 Factor de Equivalencia (FESAL).	28
2.8.10 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).	30
CAPITULO III: ESTUDIO GEOTECNICO	
3.1 Generalidades	34
3.2 Metodología	34
3.2.1 Evaluación de la subrasante	35
3.2.2 Estudios de laboratorio	35
3.2.2.1 Clasificación de suelos	36
3.2.3 Sondeos efectuados	36
3.2.4 Resultados de los ensayos sobre la línea	37
3.2.5 Análisis de los resultados	40
3.2.6 Resultados de la estratigrafía del suelo	40
3.2.7 Evaluación de la subrasante	43
3.2.8 Ensayo de banco	43
3.2.8.1 Banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López.	44
3.2.9 Análisis de banco de préstamo.	45
3.3 CBR de diseño	46
CAPITULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO	
4.1 Metodología de diseño AASHTO-93.	52
4.2 Variables de diseño para considerarse en el método AASHTO-93.	52
4.2.1 Variables en función del tiempo.	52
4.2.1.1 La vida útil del pavimento.	52
4.2.2 Variables en función del tránsito.	53
4.2.2.1 Factores Equivalentes de Carga (FEi)	53
4.2.2.2 Peso por Ejes Simples Equivalentes.	53
4.2.2.3 Confiabilidad (R)	54
4.2.2.4 Desviación Estándar (So)	55
4.2.2.5 Serviabilidad	56
4.3 Características de los materiales que conforman el pavimento	57

4.3.1 Módulo de resiliencia (MR)	57
4.3.2 Coeficiente de drenaje (mi)	57
4.3.3 Coeficientes Estructurales de Capa (ai)	58
4.3.3.1 Capa de Rodamiento (a1)	59
4.3.3.2 Base Granular No Tratada (a2)	59
4.3.3.3 Subbase (a3)	60
4.3.4 Números Estructurales (SN)	61
4.3.4.1 Cálculo de los Números Estructurales (SN2, SN3).	62
4.3.4.2 Número Estructural (SN1)	64
4.4 Cálculo de los espesores del pavimento	64
4.4.1 Espesores finales de diseño	66
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFIA	70
ANEXOS	
GLOSARIO	

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PAGINA
Tabla 1: Tráfico Promedio Diurno (TPDi) / ambos sentidos Est. 0+580.	12
Tabla 2: Promedio de vehículos según su composición	13
Tabla 3: Vector Geográfico de Correspondencia.	16
Tabla 4: Dependencia de estaciones (Estación Emp. Larreynaga – Larreynaga).	17
Tabla 5: Dependencia de estaciones (Estación Emp. Telica – Emp. Quezalguaque).	18
Tabla 6: Factores 2do. cuatrimestre del año / EMC N° 1205 Emp. Chichigalpa – Rotonda Chinandega	19
Tabla 7: Cálculo del TPDA, aplicando Factores de Ajuste (FD, FS, FE) / Est. 0+580	19
Tabla 8: Registros históricos del PI, POB y TPDA ECD No. 1211	21
Tabla 9: Tasas de crecimiento de variables relacionadas con el tránsito.	22
Tabla 10: Tasas de crecimiento promedio de variables	22
Tabla 11: Calculo del TPDA proyectado según periodo de diseño	24
Tabla 12: Período de diseño (N).	25
Tabla 13: Factor de Distribución por Dirección (FD).	26
Tabla 14: Factor de Distribución por Carril (fc).	26
Tabla 15: Tránsito de Diseño.	27
Tabla 16: Factores de ejes kips a interpolar.	29
Tabla 17: Interpolación lineal (2.2 kips, 4.4 kips, 8.8 kips).	29
Tabla 18: Interpolación lineal (11 kips).	30
Tabla 19: Interpolación lineal (17.60 kips, 36.30 kips).	30
Tabla 20: Tipos de vehículos a los cuales se interpoló los ejes en kips.	30
Tabla 21: Cálculo ESAL's del carril de diseño.	32
Tabla 22: Ensayos de laboratorio.	36
Tabla 23: Tipos de suelo AASHTO.	36

Tabla 24: Ubicación de los sondeos efectuados.	37
Tabla 25: Resumen de sondeos realizados a lo largo del tramo (SM-1 – SM-6).	39
Tabla 26: Banco de préstamo	44
Tabla 27: Dimensión del banco de préstamo.	44
Tabla 28: Propiedades físico-mecánicas de banco identificado.	45
Tabla 29: Granulometría y clasificación H.R.B. de banco identificado.	45
Tabla 30: Especificaciones de materiales para base granular.	46
Tabla 31: Especificaciones para terraplenes y materiales para subrasante.	47
Tabla 32: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de diseño.	48
Tabla 33: Valores para determinar CBR de diseño.	48
Tabla 34: Clasificación del CBR.	49
Tabla 35: Niveles de Confiabilidad R en función del tipo de carretera.	54
Tabla 36: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.	55
Tabla 37: Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.	56
Tabla 38: Correlación entre el CBR y Módulo Resiliente para Subrasante.	57
Tabla 49: Cálculo de Módulo Resiliente de la subrasante	57
Tabla 40: Capacidad del drenaje para remover la humedad.	58
Tabla 41: Niveles de humedad cercanos a la saturación.	58
Tabla 42: Resumen de factores encontrados.	62
Tabla 43: Espesores mínimos sugeridos por capa.	65
Tabla 44: Espesores de diseño	66

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAGINA
Figura 1: Macrolocalización del tramo en análisis (Departamento de León).	2
Figura 2: Microlocalización del proyecto.	3
Figura 3: Ubicación del punto de conteo vehicular.	11
Figura 4: Comportamiento del Tránsito Promedio Diurno / Estación 0+580.	14
Figura 5: Comportamiento de composición vehicular / Est. 0+580.	14
Figura 6: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).	20
Figura 7: Columna estratigráfica (Est. 0+000 – 1+170)	42
Figura 8: Cálculo del CBR de diseño	50
Figura 9: Coeficiente estructural a_2 y Módulo resiliente, para base no tratada	60
Figura 10: Coeficiente estructural a_3 y Módulo resiliente, para subbase no tratada	61
Figura 11: Obtención del Número Estructural SN2 y SN3.	63
Figura 12: Estructura final de pavimento articulado	67

ABREVIATURAS

Δ PSI	:	Pérdida de serviciabilidad
AASHTO	:	American Asociación of State Highway and Transportation Officials / Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte
a_i	:	Coeficiente estructural de capas
ASTM	:	American Society for Testing and Materials / Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
BCN	:	Banco Central de Nicaragua
CBR	:	California Bearing Ratio.
CD	:	Carril derecho
CI	:	Carril izquierdo
Di	:	Espesor de capa
ECD	:	Estación de corta duración
EMC	:	Estación de mayor cobertura
ESAL's	:	Ejes de cargas estándar equivalentes
fc	:	Factor carril
FC	:	Factor crecimiento
FD	:	Factor direccional
FE	:	Factor expansión
IG	:	Índice de grupo
IP	:	Índice de plasticidad
LL	:	Límite líquido
LP	:	Límite plástico
m_i	:	Coeficiente de drenaje
MR	:	Módulo resiliente
MTI	:	Ministerio de Transporte e Infraestructura
NTON	:	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
PIB	:	Producto Interno Bruto
Po	:	Serviciabilidad inicial
POB	:	Población
PSI	:	lb/in ²
Pt	:	Serviciabilidad final

R	:	Confiabilidad
SIECA	:	Sistema de Integración Económica Centroamericana
SN	:	Número estructural
So	:	Error estándar combinado
SUCS	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TD	:	Tránsito de diseño
Ton	:	Toneladas
TPD	:	Tránsito Promedio Diario
TPDA	:	Tránsito Promedio Diario Anual
TPD_i	:	Tránsito Promedio Diurno
vpd	:	Vehículos por día
Z	:	Desviación estándar



CAPITULO I

GENERALIDADES

2024

1.1 INTRODUCCIÓN.

Esta monografía titulada “Diseño Estructural de Pavimento Articulado por el Método de la AASHTO-93, de 1.17 kilómetros del tramo de carretera Empalme Larreynaga – Larreynaga, en el Municipio de Larreynaga, Departamento de León” presenta una propuesta a la construcción de un tramo de carretera que ayudará a contribuir con el desarrollo del país.

El tramo en consideración se ubica en el municipio de Larreynaga en el departamento de León en el pacífico de Nicaragua. Tiene una superficie territorial de 780.20 km² y una población de 32,936.00 hab. (según INIDE), con una densidad poblacional de 42.21 hab/km². Una de las principales actividades de la zona es la producción y salida de ajonjolí, sorgo, arroz y maíz; así como los productos de la ganadería (leche, carne y sus derivados).

El diseño del pavimento articulado mediante el método de la AASHTO-93 involucra diversos factores, todos estos necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar así que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio.

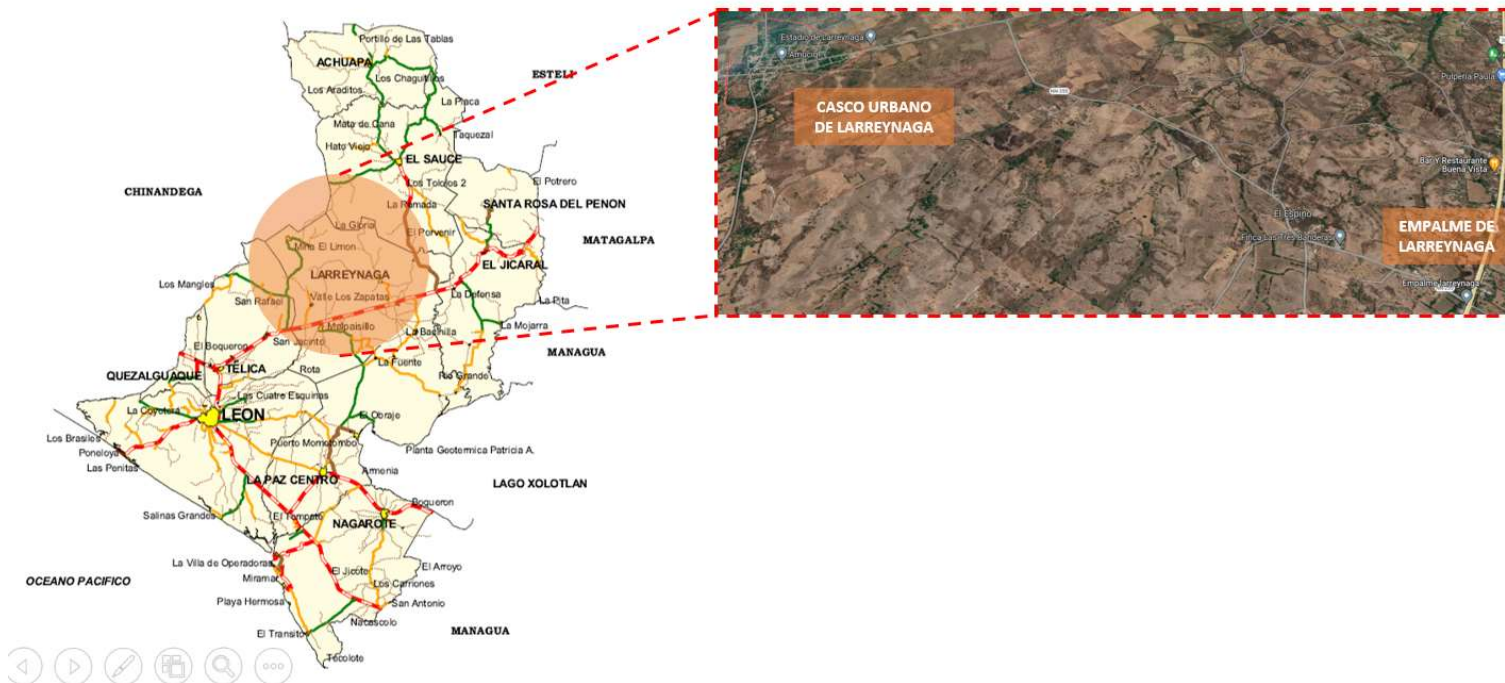
El método consiste en una ecuación en donde se obtiene un numero estructural (SN), valor que indica la resistencia total requerida de la estructura de pavimento; se encuentra en función del tránsito y la confiabilidad de los datos y el CBR de diseño definido.

Una vez realizado los cálculos correspondientes mediante el método AASHTO-93 se obtienen los espesores de la capa que serán parte integrante de la estructura de pavimento articulado.

1.1.1 Localización del proyecto.

El proyecto está localizado en el municipio de Larreynaga, del departamento de León, en el pacífico de Nicaragua; con coordenadas geográficas 12° 40' 28" Norte, 86° 34' 15" Oeste. (Ver Figura 1).

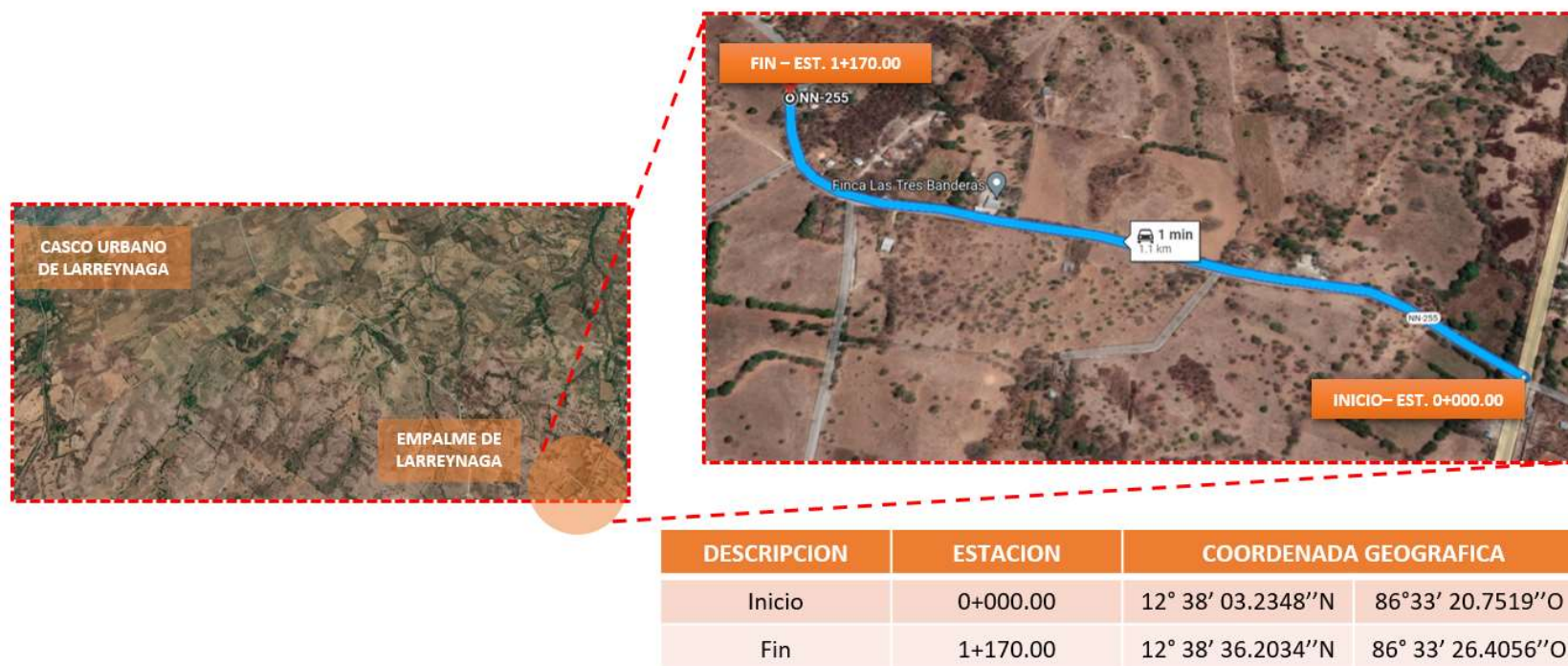
Figura 1: Macrolocalización del tramo en análisis (Departamento de León).



Fuente: Google Maps (2023).

El municipio de Larreynaga está ubicado a 112.17 kilómetros de la capital Managua; y el inicio del proyecto está a 106 kilómetros, siendo este el Empalme Larreynaga. La longitud total del tramo es de 6.17 kilómetros, y el tramo en análisis tiene una longitud de 1.17 kilómetros. (Ver Figura 2).

Figura 2: Microlocalización del proyecto.



Fuente: Google Maps (2023).

1.2 ANTECEDENTES.

Desde el año 2016 se iniciaron labores de movimiento de tierra y construcción de pavimento de adoquines, y obras varias para mitigar daños por escorrentías de aguas como son cunetas de mampostería y cajas puentes, desde la zona urbana de Larreynaga hacia el empalme con la carretera, por parte de la Empresa Constructora Tres (COERCO-ECONS-3), utilizando fondos del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, teniendo 5.00 km ejecutados, por lo cual se requiere los estudios necesarios y diseño de 1.17 km restantes.

Actualmente para acceder al casco urbano del municipio de Larreynaga se hace a través de la Ruta NN-255, con una longitud de 6.17 km, la cual es parcialmente un camino todo tiempo, presenta un relieve ligeramente accidentado, con balastro canteroso, donde tanto el transporte urbano colectivo como particulares hacen uso de la vía. De igual forma, hay poca presencia de obras de drenaje para el desalojo de aguas pluviales. (Ver Anexos, Figura 13, p. I; Figura 14, p. I; Figura 15, p. II; Figura 16, p. II)

Debido al mal estado actual del tramo sin pavimentar, la circulación sobre la vía hasta cierto punto ha dejado de ser satisfactoria ya que se ha visto interrumpida la comodidad para los usuarios, tanto peatones como conductores de vehículos livianos y pesados. De igual forma, visiblemente se pueden observar daños al rodamiento de tierra por el estancamiento de agua o el nulo drenaje de esta, por lo cual hace falta mejorar el drenaje del agua. Debido al rodamiento de tierra existente, se presentan bastantes polvaredas y zonas de la vía erosionadas.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Al mejorar las condiciones actuales del tramo de camino, se abrirán las posibilidades de que diversos aspectos sociales y económicos se desarrollen de manera positiva; mejorando la calidad de vida de los habitantes de los alrededores, así como el del municipio de Larreynaga.

Con la gestión para la rehabilitación de la vía con el adoquinado, se facilitará el tráfico de ajonjolí, sorgo, arroz y maíz; así como los productos de la ganadería (leche y carne) que son propios de la localidad, optimizando la vía, ajustándose así a las posibilidades económicas y constructivas del país.

Ante la falta de un revestimiento apropiado para el tramo, los pobladores se ven afectados; ya que, en época de verano debido a la acción de los fuertes vientos y el tráfico vehicular, se genera gran cantidad de polvo, los cuales ocasionan graves problemas respiratorios, enfermedades diarreicas, dérmicas u oculares, entre otras; y por otra parte, en época de invierno, sobre el tramo se generan charcos y concentraciones de agua dando lugar a saturaciones y pegaderos; es por lo que surge la necesidad de dar por finalizada la pavimentación total del acceso al municipio.

Es propicio mencionar que el estudio se vincula directamente a los mejoramientos de infraestructura vial que se han impulsado en los últimos años, por parte del gobierno central para garantizar vías de comunicación de calidad superior.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

- Elaborar el diseño estructural de pavimento articulado por el método de la AASHTO-93, de 1.17 kilómetros del Tramo de Carretera Empalme Larreynaga – Larreynaga, en el municipio de Larreynaga, departamento de León.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Efectuar un estudio de tránsito mediante un aforo vehicular, con la finalidad de calcular el TPDA y poder estimar las cargas que actuarán en esta vía durante el período de diseño.
- Analizar el estudio geotécnico existente del suelo de línea del proyecto y del banco de materiales, para conocer sus características físico-mecánicas, fundamento básico para el diseño.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado por el método de la AASHTO-93, empleando nomogramas.



CAPITULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO

2024

2.1 Introducción.

El tránsito probablemente es la variable más importante para el diseño de una carretera, pues si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en el diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos serán factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento para así poder calcular los espesores de pavimento.

2.2 Recopilación de datos.

Se realizó por medio de conteo vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un período de tiempo de 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó en una sola etapa y un punto único de conteo vehicular en vista de que el tramo es único para entrada y salida, la etapa constó de 3 días, (miércoles, jueves y viernes), seleccionando estos días ya que se puede registrar el flujo alto y bajo de vehículos, a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basándonos para esto en la tipología y descripción vehicular que brinda el Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020. Para realizar el aforo, se utilizó el formato mostrado en los Anexos, Tabla 45, p. III.

Los datos de Tráfico Promedio Diario Anual, (TPDA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, serán obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete, la estación de conteo vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el cien por ciento de los vehículos en ambos sentidos de la vía. Los resultados del conteo y clasificación por día (12 horas), del tramo en estudio se muestran en los Anexos, Tabla 46, p. III; Tabla 47, p. IV y Tabla 48, p. IV

2.2.1 Tipos de vehículos.

Para el levantamiento de la información de campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos ya que en nuestro país actualmente hay una

gran variedad de vehículos. En su totalidad, el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías. Ver Anexos, Tabla 49, p. V.

- **Motocicletas.**

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, en esta categoría incluyen scooter, motonetas, y otros triciclos a motor.

- **Vehículos livianos.**

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pickups y Jeep.

- **Vehículos pesados de pasajeros.**

Son los vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta 15 pasajeros) y microbuses medianos (hasta 25 pasajeros) y los buses medianos y grandes.

- **Vehículos pesados de carga.**

Son vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo C2R2, los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos T3S2 y T3S3 y otros tipos de vehículos especiales.

2.2.2 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha

clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. Ver Anexos, Tabla 50, p. VI y Tabla 51, p. VII.

2.3 Procesamiento de información.

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual procesamos toda la información obtenida de los conteos mediante el Software Microsoft Excel, esto con el fin de obtener los mejores resultados, basándonos para esto en el Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020.

2.4 Análisis de la información obtenida.

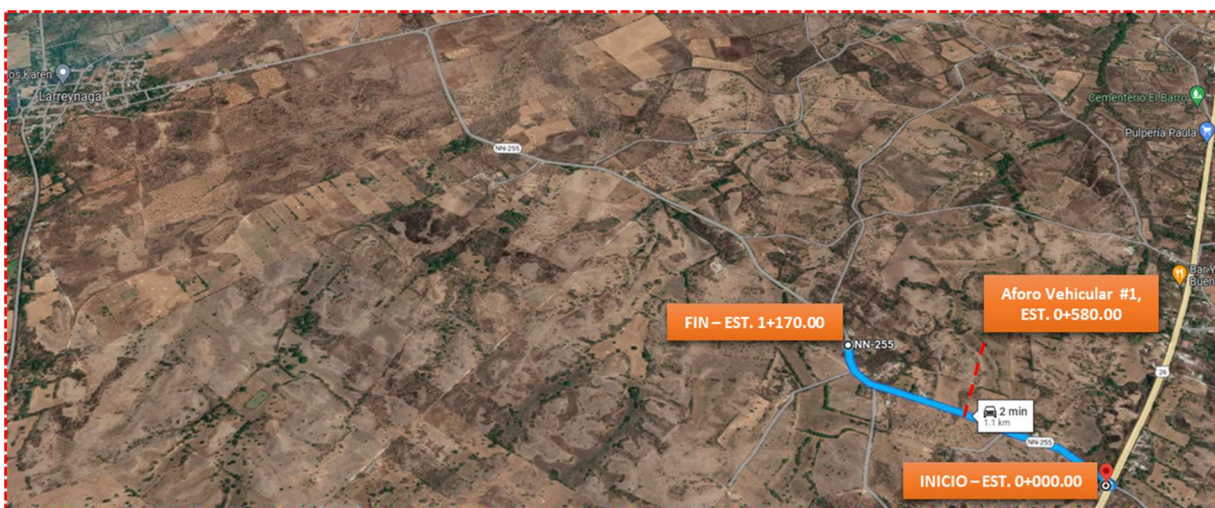
En este proceso se usó los criterios de la AASHTO-93 para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

2.5 Estación de conteo vehicular.

La estación de conteo vehicular se ubicó en un único punto del tramo, ya que nos encontramos con la única vía de acceso a la zona urbana del municipio, en la Est. 0+580 en las coordenadas geográficas 12°38'20.328" Norte 86°33'24.552" Oeste, a fin de determinar el volumen de tráfico que circula en la vía, con visibilidad que permitiera captar el 100% de los vehículos en ambos sentidos de la vía.

En la Figura 3, p. 11 se puede observar la ubicación de la estación de conteo del tramo en estudio posee como punto inicial la Est. 0+000 a la Est. 1+170, como punto final del tramo, con una longitud de 1.17 kilómetros.

Figura 3: Ubicación del punto de conteo vehicular.



Fuente: Google Earth (2022).

En la Est. 0+580 se realizó el aforo vehicular con una duración de 12 horas durante 3 días (martes, miércoles y jueves), iniciando la actividad a partir del martes 2 de agosto del año 2022 y concluyendo esta actividad el jueves 4 de agosto del año 2022, realizando un conteo y clasificación vehicular de 12 horas diurnas.

2.6 Procesamiento de datos.

Se refiere a la tabulación de la información corresponde directamente al trabajo de gabinete, luego de haberse realizado el trabajo de campo, siendo está procesada en el Software Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo.

De la información recopilada de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico vehicular diurno de 12 horas para la estación de conteo, durante 3 días (martes, miércoles y jueves). En la Tabla 1, p.12 se presentan los conteos del tráfico, composición vehicular; así como el consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio. Ver Anexos, Tabla 46, p. III; Tabla 47, p. IV y Tabla 48, p. IV

2.6.1 Resumen del aforo vehicular.

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularon en ambas direcciones para la estación donde se realizó el aforo vehicular. (Est. 0+580).

Para obtener el Tráfico Promedio Diurno (TPDi) fue necesario aplicar la Ecuación 1:

$$TPDi = \frac{Total\ Diurno}{3\ dias} \quad (Ec. 1)$$

Tabla 1: Tráfico Promedio Diurno (TPDi) / ambos sentidos Est. 0+580.

ESTACION 0+580 - PUNTO DE CONTEO VEHICULAR											
Dia	Vehiculos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			TOTAL
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	
					>15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		
2/8/2024	49	43	37	50	12	8	17	12	16	12	256
3/8/2024	52	55	49	59	12	7	13	12	15	13	287
4/8/2024	49	57	42	42	12	9	12	12	14	17	266
Total	150	155	128	151	36	24	42	36	45	42	809
TPDi (Vehiculos/12hrs)	50	52	43	51	12	8	14	12	15	14	271
%	18.5%	19.2%	15.9%	18.8%	4.4%	3.0%	5.2%	4.4%	5.5%	5.2%	100%
% de vehiculos	79.7% Vehiculos Livianos						20.3% Vehiculos Pesados		100%		

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Al finalizar el conteo de 3 días (martes, miércoles, jueves) durante 12 horas diurnas en la estación de conteo, Est. 0+580 y posterior realizar el consolidado en Microsoft Excel se tiene una perspectiva bastante clara de cómo se comporta el tránsito a lo largo de los días en esta parte del tramo, para luego calcular el Tránsito Promedio Diurno (TPDi) en base a la Ecuación 1, p. 12; obteniendo un valor de total de 271 vehículos por 12 horas diurnas, como se muestra en Tabla 1, p. 12.

A continuación, se realizó el cálculo de la composición de vehículos que transitan a lo largo de todo el tramo, considerando el levantamiento de la Est. 0+580, donde se realizó el conteo volumétrico. (Ver Tabla 2)

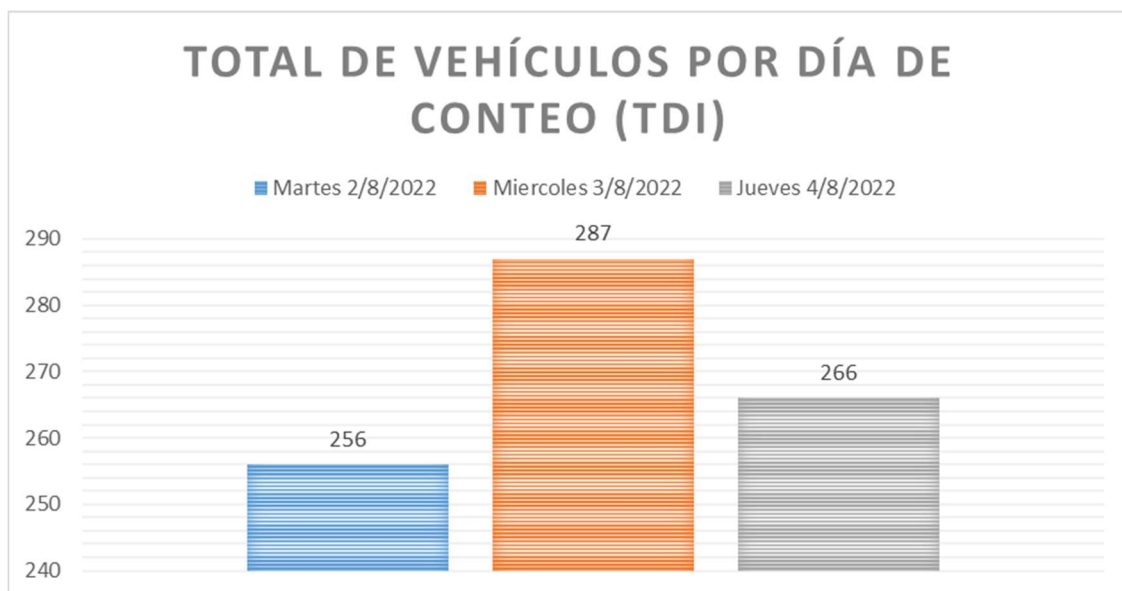
Tabla 2: Promedio de vehículos según su composición.

Total de Vehiculos Según su Composicion					
Días		Vehículos Livianos	Pesados de Pasajeros	Pesados de Carga	Total
Martes	2/8/2024	179	37	40	256
Miercoles	3/8/2024	215	32	40	287
Jueves	4/8/2024	190	33	43	266
Totales		584	102	123	809
%		72.19%	12.61%	15.20%	100.0%

Fuente: Elaborado por Sustentante.

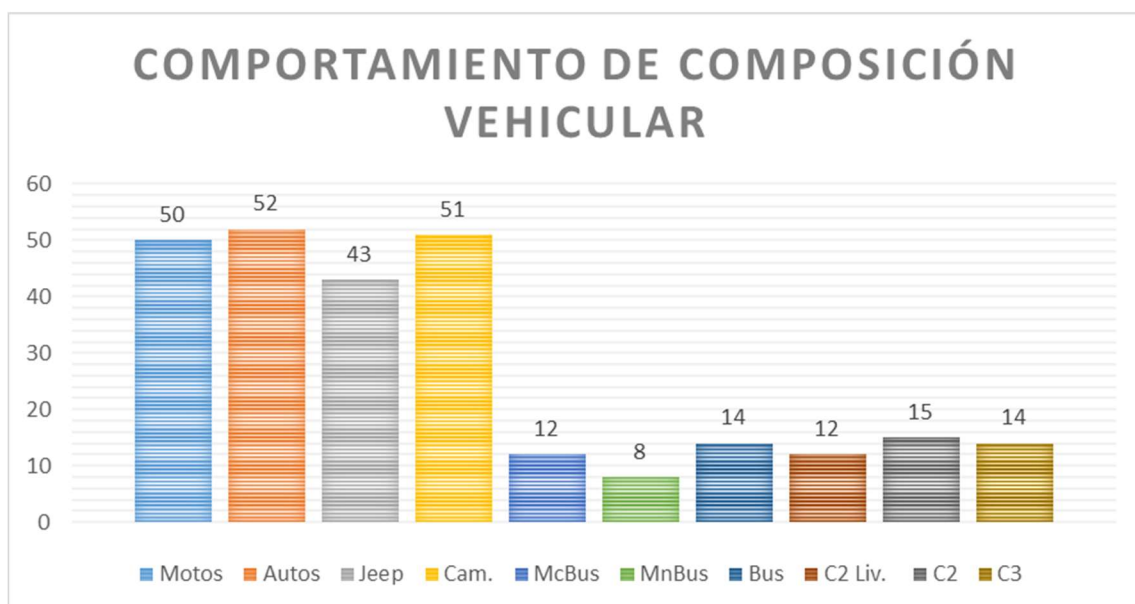
Una vez obtenidos los valores para cada composición vehicular se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno para todo el tramo, de igual manera otro gráfico donde se muestra su composición en un periodo de 12 horas. (Ver Figura 4, p.14 y Figura 5, p. 14)

Figura 4: Comportamiento del Tránsito Promedio Diurno / Estación 0+580.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

Figura 5: Comportamiento de composición vehicular / Est. 0+580.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

En la Figura 4, p. 14 se muestra el comportamiento del tránsito vehicular diurno, donde se aprecia que los días con mayor demanda de vehículos es el miércoles, seguido del jueves y por último el martes.

En la Figura 5, p. 14 se aprecia claramente, el comportamiento de la composición vehicular predominando los vehículos livianos cuyo porcentaje es 72.19% (autos, camionetas, motos, jeep, McBus, MnBus), siendo los más representativos los autos con el 19.20% según el aforo; seguido de los vehículos pesados con el 27.81% (C2, Bus, C2 Liv y C3).

2.6.2 Cálculo del TPDA.

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) fue necesario usar factores de ajuste diarios, semanales y de expansión, obtenidos del Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020. Para expandir (TPDi12 hrs a TPDA) se consideró utilizar una estación que cumpla con características similares al tramo de estudio. Para ello se hizo uso de los vectores de correspondencia (vector geográfico, volumen de tránsito vehicular (TPDA) y el porcentaje de tránsito vehicular).

Utilizando la metodología del Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020), el vector geográfico para el tramo de estudio departamento de León (ubicación del tramo en análisis), corresponde a la región Pacífico Norte. (Ver Tabla 3, p. 16)

**Tabla 3: Vector Geográfico de
Correspondencia.**

Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura
MTI Año 2020, p.7 PDF

Según el vector geográfico el tramo de estudio localizado en el departamento de León se ubica en la región Pacífico Norte vector R2, por lo cual se identifica la estación de conteo sumaria ECS N° 2616 Emp. Larreynaga - Larreynaga la cual se encuentra situado en el departamento de León, bajo la dependencia de la EMC-1802 San Marcos – Masatepe. (Ver Tabla 4, p. 17), sin embargo, la ECS N° 2616 posee registros muy escasos y desfasados, por lo cual no podría realizarse una correlación de variables que sea confiable.

**Tabla 4: Dependencia de estaciones (Estación Emp.
Larreynaga – Larreynaga).**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NN-239	2206	ECS	Emp. La Fuente - El Portillo - El Barro
	NN-242	1219	ECD	León - Pase Río Quezalaguaque (El Polvón)
	NN-244	1220	ECS	Cementerio Guadalupe - El Chague
	NN-244	1403	ECS	El Chague - Esc. El Obraje
	NN-244	1402	ECS	Esc. El Obraje - Aeropuerto Godoy
	NN-246	1404	ECD	Leon - Abangasca Sur
	NN-248	1222	ECD	León - Lecheguagos
	NN-251	2120	ECS	Empalme El Muñeco - Wanawas
	NN-253	1304	ECS	Ubo Norte - Perro Mocho
	NN-254	2604	ECS	Mina Limón - Santa Pancha
	NN-255	2616	ECS	Emp. Larreynaga - Larreynaga
	NN-256	2602A	ECS	Los Zarzales- San Antonio- San José

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p. 83 PDF

Si bien la estación ECS N° 2616 Emp. Larreynaga - Larreynaga se encuentra en la región del proyecto, no posee suficientes datos para realizar los cálculos necesarios (Ver Anexos, Tabla 52, p. VIII). Por lo tanto, se logró identificar en la ECD N° 1211 Emp. Telica – Emp. Quezalaguaque, la cual posee una composición vehicular similar (Ver Anexos, Tabla 53, p. IX) y coincidentemente se encuentra en la misma región del tramo en estudio (Ver Tabla 5, p. 18), la cual depende de la EMC N° 1205 Emp. Chichigalpa – Rotonda Chinandega.

**Tabla 5: Dependencia de estaciones (Estación Emp. Telica
– Emp. Quezalguaque).**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1205 Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	NIC-1	116A	ECD	La Garita - Emp. Los Pollos
	NIC-1	116B	ECD	Emp. Los Pollos - Punta de Plancha
	NIC-1	100	ECD	Punta de Plancha - Emp. San Benito
	NIC-1	106	ECD	Las Calabazas - La Uva - Sébaco
	NIC-1	109	ECD	La Trinidad - Emp. San Nicolás
	NIC-1	142	ECD	Emp. San Nicolás - Estelí
	NIC-2	206	ECD	Nandaime - Rivas
	NIC-12A	1202	ECD	Emp. Izapa - León
	NIC-12	1211	ECD	Telica - Emp. Quezalguaque
	NIC-12A	1204	ECD	Emp. Quezalguaque - Emp. Chichigalpa

***Fuente:** Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p. 51 PDF*

La expansión de Tránsito Promedio Diurno de 12 horas (TPDi12hrs), se realizó en base a factores de ajuste, estos factores se aplican para estaciones de corta duración o conteo sumario (ECD o ECS) que se encuentran bajo la dependencia de una estación de mayor cobertura. (Ver Anexos, Tabla 54, p. X)

El Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, presenta factores para tres cuatrimestres del año ya que éstos se realizan en tres periodos enero - abril, mayo - agosto y septiembre - diciembre. Los factores de ajuste utilizados en este estudio para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), comprenden a los del segundo cuatrimestre del año (mayo - agosto), ya que, los conteos de aforo vehicular se realizaron en el mes de agosto del año 2022. (Ver Tabla 6, p. 19)

Tabla 6: Factores 2do. cuatrimestre del año / EMC N° 1205 Emp.

Chichigalpa – Rotonda Chinandega

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3
Factor Día	1,25	1,28	1,25	1,26	1,22	1,33	1,29	1,23	1,33	1,32
Factor Semana	1,00	0,99	0,97	0,94	0,94	0,90	1,04	0,87	0,94	0,89
Factor Fin de Semana	1,01	1,01	1,07	1,20	1,21	1,36	0,91	1,63	1,21	1,44
Factor Expansión a TPDA	1,00	0,98	0,98	1,00	1,15	0,90	0,98	1,03	0,95	1,71

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p.373
PDF

Para expandir el Tráfico Promedio Diurno TPD_{i12hrs}, fue necesario utilizar el Factor Día (FD), Factor Semana (FS) y Factor Expansión a TPDA (FE).

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se utilizó la Ecuación 2:

$$TPDA = TPD_{i12hrs} * FD * FS * FE \quad (Ec. 2)$$

Donde:

TPD_{i12hrs}: Tráfico Promedio Diurno 12 horas.

FD: Factor Día.

FS: Factor Semana.

FE: Factor Expansión

Tabla 7: Cálculo del TPDA aplicando Factores de Ajuste (FD, FS, FE) / Est. 0+580

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)											
Factor / Tipo de Vehículo	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			Total
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus >15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	
TPDi 12 horas	50	52	43	51	12	8	14	12	15	14	271
Factor Día	1.25	1.28	1.25	1.26	1.22	1.33	1.29	1.23	1.33	1.32	
Factor Semana	1.00	0.99	0.97	0.94	0.94	0.90	1.04	0.87	0.94	0.89	
Factor Expansión	1.00	0.98	0.98	1.00	1.15	0.90	0.98	1.03	0.95	1.71	
TPDA	63	65	51	60	16	9	18	13	18	28	341
% TPDA	18.5%	19.1%	15.0%	17.6%	4.7%	2.6%	5.3%	3.8%	5.3%	8.2%	100%
% Vehículos	77.42%	Vehiculos Livianos					22.58%	Vehiculos Pesados			100%

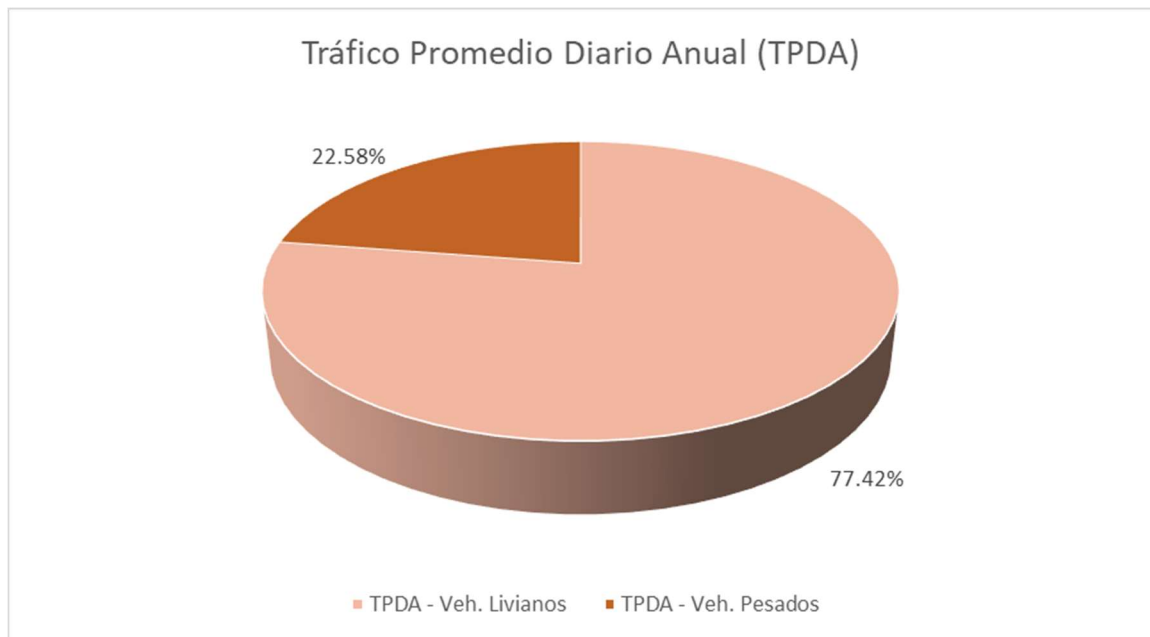
Fuente: Elaborado por Sustentante.

El cálculo resultante corresponde a un TPDA de 341 vpd (Ver Tabla 7, p. 19) para la Est. 0+580, en la cual se realizó los conteos volumétricos del tramo.

2.6.3 Composición vehicular

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra del conteo realizado en la Est. 0+580 la cual quedó conformada de la siguiente manera: vehículos livianos 77.42% y vehículos pesados 22.58%, para un total del 100%. Ver Figura 6

Figura 6: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)



Fuente: Elaborado por Sustentante.

2.7 Tasa de crecimiento de variables relacionadas con el tránsito.

Las variables macroeconómicas que se relacionan al transporte son: el Producto Interno Bruto (PIB), el crecimiento poblacional (POB) y Tránsito Promedio Diario Anual de la ECD N° 1211 Emp. Telica – Emp. Quezalguaque. Estas serán analizadas a través de los registros histórico de años anteriores de cada una de las variables mencionadas.

Los registros se presentan a continuación en la Tabla 8:

Tabla 8: Registros históricos del PI, POB y TPDA ECD No. 1211

AÑO	TPDA ECD-1211	PIB (miles \$)	POB (miles hab)
2008	6,430	8,156	5,669
2010	5,635	8,587	5,815
2012	6,376	10,532	6,071
2018	8,229	13,025	6,468
2020	9,035	12,857	6,496

Fuente: Informe Anual 2021. BCN, p.8 / Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p.145 PDF

Para este proceso se utilizará un el método descrito en la página 14 del Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, el cual brinda una ecuación para determinar tasas de crecimiento. La Ecuación 3 está dada por:

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} \right] - 1 \quad (Ec. 3)$$

Donde:

TC : Tasa de Crecimiento

TPDA_i : Tráfico Promedio Diario Anual Actual.

TPDA_o : Tráfico Promedio Diario Anual Actual del año base.

n: diferencia de años

Utilizando la Ecuación 3, se realizan los cálculos de las tasas de cada una de las variables definidas relacionadas con el tránsito, en donde cuyos resultados pueden ser visualizados en la Tabla 9, p. 22. Cabe señalar que, en el cálculo de los promedios consolidado al final de cada variable, se omiten aquellos valores negativos y aquellos que son mayores al 10%

Tabla 9: Tasas de crecimiento de variables relacionadas con el tránsito.

AÑO	TC TPDA	TC PIB	TC PIB
2008	-6.39	2.61	1.28
2010	6.37	10.75	2.18
2012	4.34	3.60	1.06
2018	4.78	-0.65	0.22
2020			
PROM	5.17	3.11	1.18

Fuente: Elaborado por Sustentante.

2.7.1 Determinación de la tasa de crecimiento.

Una vez identificadas los promedios de tasa de cada una de las variables definidas relacionadas al tránsito se procede a calcular el promedio de los valores encontrados para definir la tasa de crecimiento (Ver Tabla 10), que será utilizada para la definición del periodo de diseño, así como el cálculo del tránsito de diseño así y la proyección del TPDA para corroborar la clasificación funcional de la vía.

Tabla 10: Tasas de crecimiento promedio de variables

Variable	TC	TCprom
TPDA ECD-1211	5.17	
PIB (miles \$)	3.11	3.15
POB (miles hab)	1.18	

Fuente: Elaborado por Sustentante.

2.8 Determinación del tránsito de diseño.

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. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc). Se calcula mediante la Ecuación 4:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad (Ec. 4)$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

FC: Factor crecimiento.

FD: Factor dirección.

fc: Factor carril

365: Días del año.

2.8.1 Período de diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. En este caso el tramo tiene una clasificación funcional colectora rural (SIECA 2004 p.13). (Ver Anexos, Tabla 55, p. XI). Para la definición de la clasificación funciona el TPDA proyectado a la cantidad de años considerada, debe estar en un rango comprendido entre 3,000 y 500 vpd, el cálculo de TPDA proyectado a 15 años de este estudio es de: 548 vpd. En dependencia a este criterio el diseño de la vía será de n=15 años (Ver Tabla 11, p. 24).

Para el cálculo requerido se hace uso de la Ecuación 5:

$$vpd_{(para\ cada\ tipo\ de\ vehiculo)} = TPDA_{(para\ cada\ tipo\ de\ vehiculo)} * (1 + TC)^n \quad (Ec. 5)$$

Donde:

vpd (para cada tipo de vehículo): cantidad de cada tipo de vehículo por día (proyectado según cada año del periodo de diseño)

TPDA (para cada tipo de vehículo): dato del TPDA de cada tipo de vehículo en estudio

TC: Tasa de Crecimiento.

n: número del año del periodo de diseño

Tabla 11: Calculo del TPDA proyectado según periodo de diseño.

DATOS	Transito Base											
	2023	63	65	51	60	16	9	18	13	18	28	341
	Tasa de Crecimiento Normal Promedio del Transito											
	3.15%											
N°	Año	Motos	Vehiculos Livianos					Vehiculos Pesados				TOTAL (vpd)
			Autos	Jeep	Cam.	McBus >15s.	MnBus 15-30s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t	C2 5+ t	C3	
0	2023	63	65	51	60	16	9	18	13	18	28	341
1	2024	65	68	53	62	17	10	19	14	19	29	356
2	2025	68	70	55	64	18	10	20	14	20	30	369
3	2026	70	72	56	66	18	10	20	15	20	31	378
4	2027	72	74	58	68	19	11	21	15	21	32	391
5	2028	74	76	60	71	19	11	22	16	22	33	404
6	2029	76	79	62	73	20	11	22	16	22	34	415
7	2030	79	81	64	75	20	12	23	17	23	35	429
8	2031	81	84	66	77	21	12	24	17	24	36	442
9	2032	84	86	68	80	22	12	24	18	24	38	456
10	2033	86	89	70	82	22	13	25	18	25	39	469
11	2034	89	92	72	85	23	13	26	19	26	40	485
12	2035	92	95	75	88	24	14	27	19	27	41	502
13	2036	95	98	77	90	24	14	27	20	27	42	514
14	2037	98	101	79	93	25	14	28	21	28	44	531
15	2038	101	104	82	96	26	15	29	21	29	45	548

Fuente: Elaborado por Sustentante

Haciendo uso de la Ecuación 5, se comprueba que el TPDA proyectado en el periodo de diseño es 548 vpd, a como se muestra en la Tabla 11, lo cual se encuentra dentro del rango según Anexos, Tabla 55, p. XI, para realizar clasificación de colectora rural al tramo en estudio.

De igual manera definiendo la clasificación funcional del tramo se comprueba que el periodo de diseño considerado está dentro de los parámetros a como se refleja en la Tabla 12, p. 25

Tabla 12: Período de diseño (N).

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales suburbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 – 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de para Diseño de Pavimentos. SIECA 2004

2.8.2 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 Ecuación 6:

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad (Ec. 6)$$

Dónde:

FC: Factor de Crecimiento

i: Tasa de crecimiento anual: 3.15%

n: Periodo de Diseño: 15 años

$$FC = \frac{(1 + 0.0315)^{15} - 1}{0.0315} = 18.80\%$$

2.8.3 Factor Distribución por Dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos.

Tabla 13: Factor de Distribución por Dirección (FD).

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: Manual Centroamericano de para Diseño de Pavimentos. SIECA 2004, cap. 7, pág. 29

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de 0.50 (50%) para el tramo en estudio. (Ver Tabla 13)

2.8.4 Factor Distribución por Carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL's). En la Tabla 14 se presenta el factor carril.

Tabla 14: Factor de Distribución por Carril (fc).

Número de carriles en una sola dirección	LC ¹¹
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de para Diseño de Pavimentos. SIECA 2004, cap. 7, pág. 29

Se tomó el valor de $f_c = 1.00$ puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional. En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación del Tránsito de Diseño (TD), para cada eje y tipo de vehículos aplicando la Ecuación 5, p. 23, tal como se muestra en la Tabla 15:

Tabla 15: Tránsito de Diseño.

Transito de Diseño (TD)						
Tipo de Vehiculo	Transito Actual	F.C.	Factor de Direccion (FD)	Factor por Carril (Fc)	Dias del año	Transito para el carril de diseño
Autos	65	18.80	0.50	1.00	365	223,015.00
Jeep	51	18.80	0.50	1.00	365	174,981.00
Camioneta	60	18.80	0.50	1.00	365	205,860.00
McBus >15	16	18.80	0.50	1.00	365	54,896.00
MnBus 15-30	9	18.80	0.50	1.00	365	30,879.00
Bus 30+	18	18.80	0.50	1.00	365	61,758.00
Liv. 2-5 t.	13	18.80	0.50	1.00	365	44,603.00
C2 5+ T.	18	18.80	0.50	1.00	365	61,758.00
C3	28	18.80	0.50	1.00	365	96,068.00
Total de Diseño en un periodo de 15 años						953,818.00

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Los resultados de la Tabla 15, para el tramo de Empalme Larreynaga – Larreynaga, utilizando un factor de crecimiento de 18.80%, con un periodo de diseño de 15 años, dieron como resultado un tránsito por carril de diseño de 953,818.00 vehículos. Este cálculo no toma en consideración el TPDA de las motos, ya que no representa mayor influencia a la estructura de pavimento, y se podría considerar despreciable.

2.8.5 Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el experimento vial de la AASHTO para los pavimentos articulados fue de 4.2 según el Manual Centroamericano de para Diseño de Pavimentos, SIECA (Sistema de Integración Económica Centroamericana Capítulo 7, p. 4). En el diseño de la estructura de pavimento articulado del tramo de Empalme Larreynaga – Larreynaga se trabajó con un valor de $P_o = 4.2$.

2.8.6 Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o

repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes: Para camino vecinal y colectora suburbana se toma un valor de $P_t = 1.8-2.0$ según el manual Centroamericano para el Diseño de Pavimento, SIECA, (Secretaría de Integración Económica centroamericana Capítulo 3 p. 4). En este caso se decidió tomar el valor de $P_t = 2.0$.

2.8.7 Pérdida 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 Ecuación 7:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (Ec. 7)$$

En el diseño de la estructura de pavimento articulado del tramo de Empalme Larreynaga – Larreynaga se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

2.8.8 Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este diseño seleccionamos el valor $SN = 5$.

2.8.9 Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO-93 apéndice D, para ejes sencillos y dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final ($P_t = 2.0$) y un número estructural recomendado ($SN = 5$) para pavimento articulado, los pesos de las tablas están dados en kips en números enteros, (Ver Anexos, Tabla 56, p. XII; Tabla 57, p. XIII). Sin embargo, la mayoría de los factores para este estudio no son valores enteros, por lo cual se tuvieron que interpolar, ya que, no se encuentran representados en las tablas. A continuación, se muestran dichos

valores una vez ya conocidos los pesos por ejes en toneladas, (Ver Anexos, Tabla 56, p. XII; Tabla 57, p. XIII). Se procede a interpolar los pesos en kips para cada eje por tipo de vehículo:

Tabla 16: Factores de ejes kips a interpolar.

Tipo de Vehiculos	Peso x Eje - TON	Ejes Simples en kips	Tipo Vehiculo	Peso x Eje - TON	Ejes Dobles en kips
Autos Jeep Camioneta	1.0	2.2	C3	16.5	36.37
Camioneta, McBus > 15 pas	2.0	4.4			
McBus < 15 pas, MnBus 15 - 30 pas	4.0	8.8			
Bus	5.0	11			
MnBus 15 - 30 pas	8.0	17.6			

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Para realizar el cálculo de interpolación se utilizaron las tablas correspondientes según el tipo de eje del vehículo, el tipo de pavimento, utilizando en ambos casos un SN = 5 asumido. (Ver Tabla 17, Tabla 18, p. 30, Tabla 19, p. 30 y Tabla 20, p. 30)

Tabla 17: Interpolación lineal (2.2 kips, 4.4 kips, 8.8 kips).

Interpolacion Lineal (2.2 kips, 4.4 kips, 8.8 kips)					
EJE SIMPLE - 2.2 kips		EJE SIMPLE - 4.4 kips		EJE SIMPLE - 8.8 kips	
(kips)	SN = 5	(kips)	SN = 5	(kips)	SN = 5
2.0	0.0002	4.0	0.002	8.0	0.031
2.2	X	4.4	X	8.8	X
4.0	0.002	6.0	0.009	10.0	0.079
X (2.2 kips)	0.00038	X (4.4 kips)	0.0034	X (8.8 kips)	0.0502

Fuente: Elaborado por Sustentante

Tabla 18: Interpolación lineal (11 kips).

Interpolacion Lineal (11 kips)	
EJE SIMPLE - 11 kips	
(kips)	SN = 5
10.0	0.079
11.0	X
12.0	0.174
X (11 kips)	0.1265

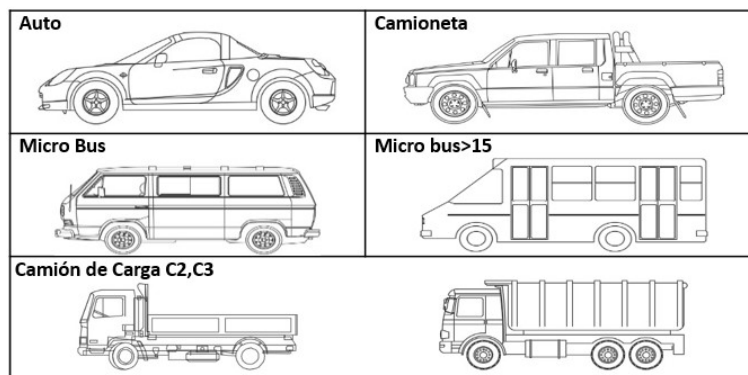
Fuente: Elaborado por Sustentante.

Tabla 19: Interpolación lineal (17.60 kips, 36.30 kips).

Interpolacion Lineal (17.6 kips, 36.37 kips)			
EJE SIMPLE - 17.6 kips		EJE SIMPLE - 36.37 kips	
(kips)	SN = 5	(kips)	SN = 5
16.0	0.603	36.0	1.38
17.6	X	36.37	X
18.0	1.0	38.0	1.73
X (17.6 kips)	0.9206	X (36.37 kips)	1.44

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Tabla 20: Tipos de vehículos a los cuales se interpoló los ejes en kips.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

2.8.10 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

En el Método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto

por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos del cálculo, se los transforma un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 KN o 18 Kips, los cuales se les denomina “equivalent simple axial load” o ESAL.

Se calcula utilizando la Ecuación 8:

$$ESAL \text{ ó } W18 = TD * F_{ESAL} \quad (Ec. 8)$$

Donde:

TD: Tránsito de Diseño.

FESAL: Factor de Equivalencia de Carga por Eje.

Conocidos los valores del Tránsito de Diseño (TD) por tipo de vehículo (Ver Tabla 16, p. 29), en donde el TPDA para motos no se tomó en cuenta en el cálculo del tránsito de diseño, ya que se considera que el daño causado por este tipo de vehículo es imperceptible; se procedió al cálculo de los ejes equivalentes a 18 kips para cada vehículo en base al tránsito de diseño y los factores ESAL para cada eje, este último se determinó utilizando Anexos, Tabla 56, p. XII; Tabla 57, p. XIII, considerando una serviciabilidad final de $P_t = 2.0$ y un $SN = 5$.

Los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), los cuales se tuvieron que interpolar fueron cinco (5) valores de FESAL para ejes simples (2.2, 4.4, 8.8, 11, 17.60), y un valor de FESAL para ejes dobles (36.30). Solo el peso de 22 kips no se interpoló ya que el FESAL (2.35), sí se muestra en el cuadro AASHTO-93 apéndice D, para ejes sencillos. El cálculo del ESAL o W18 se muestra a continuación en la Tabla 21, p. 32:

Tabla 21: Cálculo ESAL's del carril de diseño.

Tipo	TPDA	TD	Factor ESAL	ESAL de Diseño
Autos	65	223,015	0.00038	85
			0.00038	85
Jeep	51	174,981	0.00038	66
			0.00038	66
Camioneta	60	205,860	0.00038	78
			0.0034	700
McBus > 15	16	54,896	0.0034	187
			0.0502	2,756
MnBus 15-30	9	30,879	0.0502	1,550
			0.9206	28,427
			0.1265	7,812
Bus 30+	18	61,758		
			2.35	145,131
Liv. 2-5 t.	13	44,603	0.0502	2,239
			0.9206	41,062
C2 5+ T.	18	61,758	0.1265	7,812
			2.35	145,131
C3	28	96,068	0.1265	12,153
			1.4448	138,794
TOTALES		953,818		5.34E+05

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Para el tramo de Empalme Larreynaga – Larreynaga, se obtuvo un ESAL'S 5.34E+05, repeticiones equivalentes a 18 kips o 80 KN acumuladas en un periodo de diseño de 15 años, trabajando con una $P_o = 4.2$ y $P_t = 2.0$, $\Delta PSI = 2.2$ y un SN = 5 recomendado.



CAPITULO III

ESTUDIO GEOTÉCNICO

2024

3.1 Generalidades.

Este estudio comprende lo concerniente a investigaciones llevadas a nivel de campo, de laboratorio, así como de gabinete los cuales fueron realizados durante el 2019. Dicho estudio fue proporcionado por la Empresa Constructora ECONS-3, adscrita a la Corporación de Empresas Regionales de la Construcción COERCO-MTI.

Los análisis fueron solicitados por el Departamento de Proyectos, los cuales fueron ejecutados por el Departamento de Laboratorio, de la Dirección de Control de Calidad de Materiales de la Dirección General de Normas de Construcción para el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), quien realizó los trabajos correspondientes para los fines propuestos, en el cual se analizó la clasificación de los suelos existentes de acuerdo con su CBR, índice de grupo y cada uno de estos factores ayudaron a identificar qué tipo de suelo era apto para aplicarlo como subrasante, base o subbase.

3.2 Metodología.

La metodología implementada para la ejecución del estudio de suelos comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del tramo de 1.17 kilómetros definido por la carretera del proyecto. Mediante la ejecución de prospecciones de exploración se observaron las características del terreno de fundación, para luego obtener muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo para la ejecución de este estudio, así como los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio practicados sobre las muestras de suelo.

Se realizó un análisis del suelo, con el objetivo de conocer sus características físicas, mecánicas y condiciones de soporte; de esta manera se establecerán los parámetros básicos necesarios para el diseño de la estructura.

Seguidamente estas muestras fueron analizadas en laboratorio para determinar sus propiedades.

3.2.1 Evaluación de la subrasante.

El factor más importante en la determinación de los espesores de diseño del pavimento es la respuesta del suelo de su subrasante ante las cargas de tránsito. Para ello se ejecutaron 6 sondeos manuales con una profundidad máxima de 0.80 metros y una separación entre los mismos de 250 metros, obteniéndose un total de 13 muestras representativas de los suelos y materiales existentes en el tramo de estudio, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 (inicio del tramo en estudio) hasta llegar a la estación 1+170 (fin del tramo en estudio).

Cabe señalar que según el Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos del MTI, indica que en caminos que serán adoquinados la cantidad de sondeos será de cuatro por kilómetro con una profundidad de 1.50 m; sin embargo, la profundidad máxima que se permitió fue de 0.80 m en vista que se encontró capa de roca, la cual difícilmente podría ser penetrada.

3.2.2 Estudios de laboratorio.

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración se reagruparon y fueron sometidas a ensayos de laboratorio. A continuación, se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación AASHTO correspondiente. (Ver Tabla 22, p. 36)

Tabla 22: Ensayos de laboratorio.

TIPO DE ENSAYO	DESIGNACION AASHTO
Análisis granulométrico de los suelos	T27 - T88
Límite líquido de los suelos	T89 - T90
Índice de plasticidad de los suelos	T90 - T97
Pesos Unitarios	T19 - T88
Ensaye Proctor	T180 - T99
Ensaye C.B.R.	T193 - T81

Fuente: Libro de diseño de pavimento AASHTO 93.

Las muestras para el ensaye CBR se saturaron por un tiempo de cuatro días, antes de ejecutar el ensaye de CBR. Todos los suelos en estudio se clasificaron por el sistema AASHTO, en su designación M-145.

3.2.2.1 Clasificación de suelos.

En la actualidad el sistema más utilizado para la clasificación de los suelos de estudio para diseño de pavimentos de carreteras es la AASHTO M-145. (Ver Anexos, Tabla 58, p. XIV)

Tabla 23: Tipos de suelo AASHTO.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO M-145
A-1-a
A-1-b
A-2
A-3
A-4
A-5
A-6
A-7

Fuente: US Army Corps Engineers.

3.2.3 Sondeos efectuados.

Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron in situ por el personal de campo, tomándose muestras alternadas cada 250 metros, a excepción del último, que se realizó a una distancia de 170 metros (Ver Tabla

24, p. 37); correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios. (Ver Anexos, Figura 17, p. XV)

Tabla 24: Ubicación de los sondeos efectuados.

SONDEO MANUAL	UBICACIÓN	SONDEO MANUAL	UBICACIÓN
Sm-1	0+000, Lado Derecho	Sm-4	0+750, Derecha
Coord. UTM	12.634331 E -86.555639 S	Coord. UTM	12.64078 E -86.55768 S
Sm-2	0+250, Centro	Sm-5	1+000, Centro
Coord. UTM	12.63650 E -86.55588 S	Coord. UTM	12.64260 E -86.55814 S
Sm-3	0+500, Izquierda	Sm-6	1+170, Izquierda
Coord. UTM	12.63873 E -86.55679 S	Coord. UTM	12.64376 E -86.55715 S
Sistema de Coordenadas: WGS-84			

Fuente: Elaborado por Sustentante.

3.2.4 Resultado de los ensayos sobre la línea.

Sobre la base de los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que a lo largo del tramo en estudio predominan los tipos de suelo que a continuación se describen:

A-2-4 (0): material conformado por arena y gravas limosas o arcillosas. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-2-4, con índice de grupo 0 y clasificación SUCS: GC; grava arcillosa con arena. El material tiene clasificación para subrasante de excelente a buena.

A-6 (8): material conformado por suelos arcillosos. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-6, con índice de grupo 8 y clasificación SUCS: ML; limo baja plasticidad con arena. El material tiene clasificación para subrasante de regular a mala.

A-6 (6): material conformado por suelos arcillosos. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-6, con índice de grupo 6 y clasificación SUCS: CL; arcilla de media plasticidad arenosa. El material tiene

clasificación para subrasante de regular a mala.

A-2-5 (0): material conformado por arena y gravas limosas o arcillosas. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-2-5, con índice de grupo 0 y clasificación SUCS: GM; grava limosa con arena. El material tiene clasificación para subrasante de excelente a buena.

A-4 (0): material conformado por suelos limosos. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-4, con índice de grupo 0 y clasificación SUCS: SM; arena limosa con grava. El material tiene clasificación para subrasante de excelente a buena.

A-6 (9): material conformado por suelos arcillosos. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-6, con índice de grupo 9 y clasificación SUCS: CL; arcilla de media plasticidad con arena. El material tiene clasificación para subrasante de regular a mala.

A-6 (5): material conformado por suelos arcillosos. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-6, con índice de grupo 5 y clasificación SUCS: CL; arcilla de media plasticidad arenosa. El material tiene clasificación para subrasante de regular a mala.

A-1-b (0): material conformado por fragmentos de piedra, grava y arena. En el sistema de la AASHTO M-145 tiene clasificación de grupo A-1-b, con índice de grupo 0 y clasificación SUCS: GM; grava limosa con arena. El material tiene clasificación para subrasante de excelente a buena.

Se establece que la rasante actual del terreno presenta una capa de relleno de material selecto, de clasificación **A-2-4 (0), A-2-5 (0) y A-1-b (0)**.

En la Tabla 25, p. 39, se presentan los sondeos realizados a lo largo del tramo donde se muestra su clasificación, propiedades físico-mecánicas, límite líquido, límite plástico y su valor CBR al 95% Proctor modificado.

Tabla 25: Resumen de sondeos realizados a lo largo del tramo (SM-1 – SM-6).



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION GENERAL DE NORMAS DE LA CONSTRUCCION Y DESARROLLO URBANO
DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y MATERIALES
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS EN MUESTRAS DE SONDEOS DE LINEA

FECHA: nov-19
PROYECTO: LARREYNAGA

HOJA NO. 01

ESTACION	DESVIACION (m)	SONDEO NO.	MUESTRA NO.	PROFUNDIDAD (cm)	GRANULOMETRIA										Limite %		Clasificacion HRB	C.B.R. a Compactacion		
					3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100
0+000.00		1	M-334	0-30	100	100	89	72	68	63	59	54	43	30	33.6	10	A-2-4 (0)	-	33	-
0+000.00		1	M-335	30-80	100	100	100	10	100	98	96	93	87	78	36	11	A-6 (8)	-	13	-
0+250.00		2	M-336	0-40	100	100	81	69	61	52	46	40	32	23	34	10	A-2-4 (0)	-	31	-
0+250.00		2	M-337	40-80	100	100	100	100	100	96	92	87	77	61	34.4	12.4	A-6 (6)	-	15	-
0+500.00		3	M-338	0-15	100	100	100	89	81	74	67	60	44	27	46	9	A-2-5 (0)	-	22	-
0+500.00		3	M-339	15-70	100	100	100	99	98	93	89	83	66	46	N/P	N/P	A-4 (0)	-	16	-
0+750.00		4	M-340	0-20	100	100	97	78	72	60	50	43	33	23	45	10	A-2-5 (0)	-	31	-
0+750.00		4	M-341	20-40	100	100	100	100	100	99	98	96	87	76	36	11	A-6 (9)	-	13	-
0+750.00		4	M-342	40-80	100	100	100	100	100	97	92	83	64	48	N/P	N/P	A-4 (0)	-	15	-
1+000.00		5	M-343	0-25	100	100	86	76	69	62	57	50	40	28	42.2	10	A-2-5 (0)	-	32	-
1+000.00		5	M-344	25-70	100	100	100	90	88	87	85	79	70	59	35.5	12	A-6 (5)	-	15	-
1+170.00		6	M-345	0-20	100	100	90	73	68	61	56	51	38	23	38.3	5	A-1-b (0)	-	34	-
1+170.00		6	M-346	20-70	100	100	93	79	72	62	54	47	36	23	36.7	10	A-2-4 (0)	-	31	-

Fuente: Archivo Empresa Constructora 3 / Departamento de Laboratorios de Suelos y Materiales - MTI

3.2.5 Análisis de los resultados.

En base a lo descrito anteriormente, podemos concluir que predominan los suelos **A-2-4, A-2-5 y A-1-b**. Se consideran en general suelos buenos a excelentes en cuanto a su desempeño como material para subrasante, con bajos límites de plasticidad y humedad.

3.2.6 Resultados de la estratigrafía del suelo.

La estratigrafía del tramo en estudio se describe a continuación, iniciando desde la superficie hasta la profundidad investigada.

Estación 0+000 a 0+500 (SM1, SM2, SM3):

En el **primer estrato** se encontró un tipo de suelo **A-2-4 (0) y A-2-5 (0)**, con índice de grupo 0. Este suelo presenta un espesor mínimo 0.20 metros y un espesor máximo de 0.40 metros, de acuerdo con la AASHTO es un suelo de buena calidad, posee un límite líquido variable entre 33.6% y 46% máximo, un índice de plasticidad variable entre 9% a 10% máximo, presenta un CBR al 95% Proctor modificado de 22% mínimo y 33% máximo.

En el **segundo estrato** se encontró el suelo tipo **A-6 (8), A-6 (6) y A-4 (0)**, con índice de grupo 8, 6 y 0. Estos se encuentran a una profundidad que varía desde 0.40 metros a 0.50 metros. De acuerdo con la AASHTO es un suelo de regular a mala calidad, su límite líquido variable de 34.4% a 36%, un índice de plasticidad variable de 11% a 12.4%, presenta un CBR al 95% Proctor modificado de 13% mínimo y 15% máximo.

Estación 0+750 a 1+170 (SM4, SM5, SM6):

En el **primer estrato** se encontró un tipo de suelo **A-2-5 (0) y A-1-b (0)**, con índice de grupo cero 0. Estos suelos presentan un espesor mínimo 0.20 metros y un espesor máximo de 0.30 metros. De acuerdo con la AASHTO es un suelo de buena a excelente calidad, posee un límite líquido variable entre 38.3% a 45% máximo, un índice de plasticidad variable entre 5% a 10% máximo, presenta un

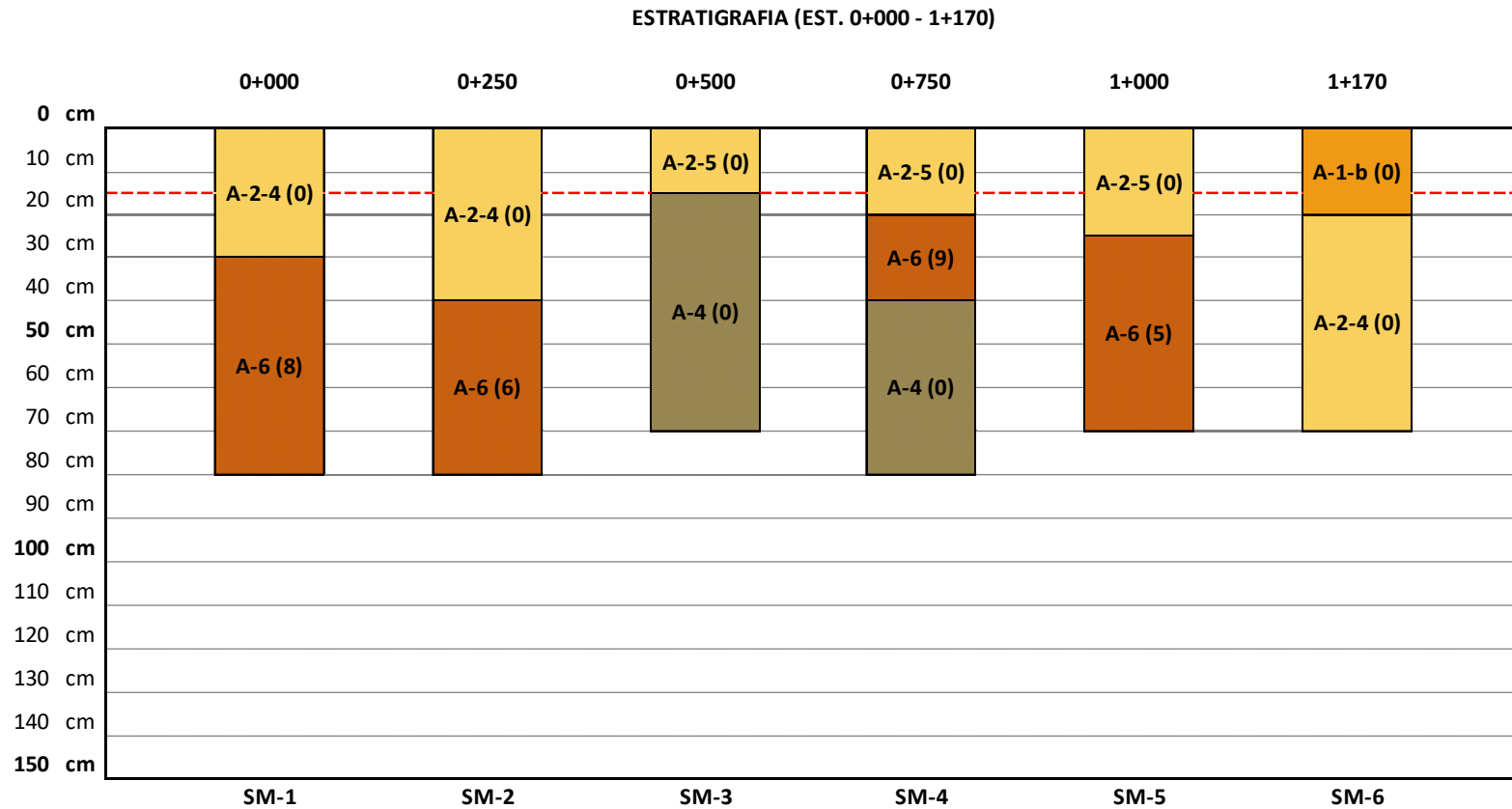
CBR al 95% Proctor modificado de 31% mínimo y 34% máximo.

En el **segundo estrato** se encontró el suelo tipo **A-6 (9)**, **A-6 (5)** y **A-2-4 (0)**, con índice de grupo 9, 5, y 0. Este se encuentra a una profundidad que varía desde 0.20 metros a 0.50 metros. De acuerdo con la AASHTO los dos primeros tipos de suelos, A-6 (9) y A-6 (5), son de calidad regular a mala, su límite líquido es variable de 35.5% a 36% máximo, un índice de plasticidad variable de 11% a 12% máximo, presenta un CBR al 95% Proctor modificado de 13% mínimo y 15% máximo. Para el tipo A-2-4 (0) es de calidad buena a excelente, con límite líquido de 36.7%, índice de plasticidad de 10% y presenta un CBR al 95% Proctor modificado de 31%.

Para la estación 0+750, se hizo sondeo de **tercer estrato**, por cambio en la estratigrafía del terreno, donde se encontró el suelo tipo A-4 (0), con índice de grupo 0, con una profundidad de 0.40 metros. De acuerdo con la AASHTO, es un suelo de regular a mala calidad, presenta un CBR al 95% Proctor modificado de 15%.

Finalmente se realizó la columna estratigráfica para detallar los tipos de suelo y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, para lograr una mejor visualización de las muestras obtenidas en sitio. (Ver Figura 7, p. 42)

Figura 7: Columna estratigráfica (Est. 0+000 – 1+170)



Fuente: Elaborado por Sustentante.

3.2.7 Evaluación de la subrasante.

El subsuelo natural o subrasante a lo largo del tramo esta predominantemente formado por piedra, grava, arena, grava limosa o arcillosa de clasificación AASHTO, **A-2-4**, **A-2-5** y **A-1-b**. (Est 0+000 a 1+170). Todos estos son suelos granulares que poseen un límite líquido máximo de 42.2% y su índice de plasticidad máximo de 10%, catalogados como materiales buena a excelente calidad.

En menor cantidad en la parte final de tramo se identificó un material limo-arcilloso de clasificación AASHTO **A-6** y **A-4**, catalogado como un material de mala calidad (Est 0+000 a 1+000). Estos limos y arcillas comúnmente poseen un comportamiento geotécnico típico de los suelos finos compresibles, deformables y con notoria influencia de la humedad en sus propiedades.

La resistencia o valor relativo soporte (CBR), para los suelos granulares **A-2-4**, **A-2-5** y **A-1-b**, se obtuvo un valor mínimo de 22% y un valor máximo de 34%. En cuanto a los suelos arcillosos **A-6** y **A-4**, se obtuvo un valor máximo de 15%.

Se define, que la subrasante se definirá a 15 cm de profundidad del terreno existente, tomando en cuenta el artículo 303.3.6 de la NIC-2019, con respecto a la verificación de espesores, hay que tener en consideración los sondeos realizados para la definición de estos para que la capa superior esté soportada en capas de buena calidad y de igual manera al ser un tramo que deberá respetar puntos obligados de los otros tramos ya atendidos anteriormente.

3.2.8 Ensayo de banco.

Se tomó el único banco de material más cercano al tramo, con el nombre de Banco de Materiales La Piedra, de uso conocido en la zona y se encuentra en explotación, por lo que presenta cortes. En la Tabla 26, p. 44 se plasma nombre y ubicación.

Tabla 26: Banco de préstamo.

UBICACIÓN	DUEÑO	VOLUMEN APROXIMADO (m³)	COORDENADAS UTM		USO PROBABLE
			ESTE	SUR	
Est. 4+000.00	Nelson Eliat Téllez López	180,000.00	12.66749	-86.55751	Material selecto

Fuente: Elaborado por Empresa Constructora Tres, ECONS-3

Tabla 27: Dimensión del banco de préstamo.

BANCO DE PRESTAMO	DIMENSIONES EN METROS (LARGO x ANCHO x ALTO)
Nelson Eliat Téllez López	100 x 90 x 20

Fuente: Elaborado por Empresa Constructora Tres, ECONS-3

En la Tabla 26 y Tabla 27 podemos observar la ubicación del banco de material existente, uso probable, así como su nombre o el propietario de dicho banco y sus dimensiones.

El banco se encuentra localizado a 4.0 kilómetros (4+000) de la estación de inicio (0+000) del empalme en dirección hacia el casco urbano del municipio de Larreynaga.

3.2.8.1 Banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López.

Las dimensiones aproximadas (largo x ancho x alto) del banco, son de 100x90x20 m, para un volumen aproximado de $\pm 180,000.00 \text{ m}^3$ de material para acarreo.

De acuerdo con los sondeos de línea realizados y los resultados de laboratorios efectuados al material extraído, los resultados se presentan en la Tabla 28, p. 45 y Tabla 29, p. 45.

Tabla 28: Propiedades físico-mecánicas de banco identificado.

		PROYECTO:		LARREYNAGA, LEON					
		UBICACIÓN:		4+000					
		PROCEDENCIA:		BANCO DE MATERIALES LA PIEDRA					
		PROPIEDADES FISICO-MECANICAS							
ESTACION / UBICACIÓN	DUEÑO	P.V.S.S.	P.V.S.C.	P.V.S. Max	Humedad Optima (%)	Volumen Expotable	CBR		
		(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)			90%	95%	100%
4+000	Nelson Eliat Téllez López	1233	1348	1977	8.3	93,997.85	48	84	99

Fuente: Archivo Empresa Constructora 3 / Departamento de Laboratorios de Suelos y Materiales – MTI

Tabla 29: Granulometría y clasificación H.R.B. de banco identificado.

		PROYECTO:		LARREYNAGA, LEON									
		UBICACIÓN:		4+000									
		PROCEDENCIA:		BANCO DE MATERIALES LA PIEDRA									
GRANULOMETRIA Y CLASIFICACION H.R.B.													
ESTACION / UBICACIÓN	DUEÑO	% QUE PASA POR EL TAMIZ								L.L.	L.P.	CLASIF.	CBR
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	(%)	(%)	AASHTO	
4+000	Nelson Eliat Téllez López	-	100	84	70	48	14	7	2	-	NP	A-1-a (0)	84

Fuente: Archivo Empresa Constructora 3 / Departamento de Laboratorios de Suelos y Materiales - MTI

3.2.9 Análisis de banco de préstamo.

El material de la base debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2019, según lo expresa la Tabla 30, p. 46:

Tabla 30: Especificaciones de materiales para base granular.

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	METODOLOGÍA
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	80% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% Proctor Modificado	AASHTO-191

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003.21.2

De acuerdo con la Tabla 30, el banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López se puede utilizar como fuente de material para la capa base, debido a que su CBR (84%) es mayor al mínimo requerido (80%). además, este cumple con los ensayos de límite líquido, índice de plasticidad, desgaste de los ángeles e intemperismo acelerado. El ensayo de Desgaste Los Ángeles para el banco dio un resultado de 38%, y el ensayo de intemperismo Acelerado tuvo resultado de 8%. (Ver Anexos, Tabla 59, p. XVI y Tabla 60, p. XVII)

Es necesario ver, si los bancos se ajustan a las condiciones mínimas granulometría y resistencia (CBR), establecidas en el Artículo 1003.22 de la NIC-2019, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado. (Ver Anexos, Tabla 61, p. XVIII)

3.3 CBR de diseño.

Es necesario recordar que el Ensayo CBR (California Bearing Ratio): mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) en suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes

bajo el pavimento de carreteras. La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y está normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193.

A partir de la información obtenida de los sondeos de línea en donde se muestran las diferentes profundidades del terreno existente, se propuso una profundidad subrasante de 0.15 metros para el diseño del CBR, ya que ésta permitirá reutilizar gran parte de los suelos en su condición actual, como lo son los estratos superiores que presentan suelos de buena a excelente calidad, que según el sistema unificado de clasificación de suelos AASHTO son **A-2-4**, **A-2-5** y **A-1-b**, que forman parte de la superficie de rodamiento actual.

Además, dicha profundidad evitará que suelos de mala calidad que según el sistema unificado de clasificación de suelos AASHTO son **A-6** y **A-4**, presentes en el tramo queden subyacentes a la estructura de pavimento articulado a diseñar.

Tabla 31: Especificaciones para terraplenes y materiales para subrasante.

PROPIEDAD	TERRAPLENES	CAPA SUB-RASANTE	METODOLOGÍA
% de malla Nº 200	40 % Max	30 % Max	AASHTO-11
Limite Líquido	40 % Max	30 % Max	AASHTO-89
Índice Plástico	15 % Max	10 % Max	AASHTO-90
CBR	10 % Min	20 % Max	AASHTO-193
Compactación	95% min. del peso volumétrico seco max. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95% min. del peso volumétrico seco max. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/O T238 (in situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 203. 11 (b), 1003. 21, 1003. 24 (g).

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de diseño, el cual recomienda tomar un valor adecuado ya sea de 60%, 75% o el 87.5%, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él de acuerdo con el tránsito que se espera que circule por el pavimento, se determinó el percentil a utilizar como se muestra en la Tabla 32:

Tabla 32: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de diseño.

CARGAS EQUIVALENTES TOTALES (ESAL'S)	PERCENTIL DE DISEÑO (%)
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1991.

Se eligió el percentil de diseño 75% ya que el ESAL's es de 534,000; tal y como se muestra en la Tabla 33 donde se presentan los valores escogidos para el cálculo del CBR de diseño de la subrasante.

Tabla 33: Valores para determinar CBR de diseño.

CLASIFICACIÓN AASHTO	CBR AL 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O PORCENTAJES MAYORES
A-6	13	2	10 100%
A-6	15	1	8 80%
A-4	16	1	7 70%
A-2-4 / A-2-5	31	3	6 60%
A-2-5	32	1	3 30%
A-2-4	33	1	2 20%
A-1-b	34	1	1 10%
Muestras utilizadas		10 muestras	

En el caso de todos estos sondeos, se tomaron muestras de las capas inmediatas por debajo de la línea de subrasante propuesta (0.15 metros de profundidad).

Fuente: Elaborado por Sustentante.

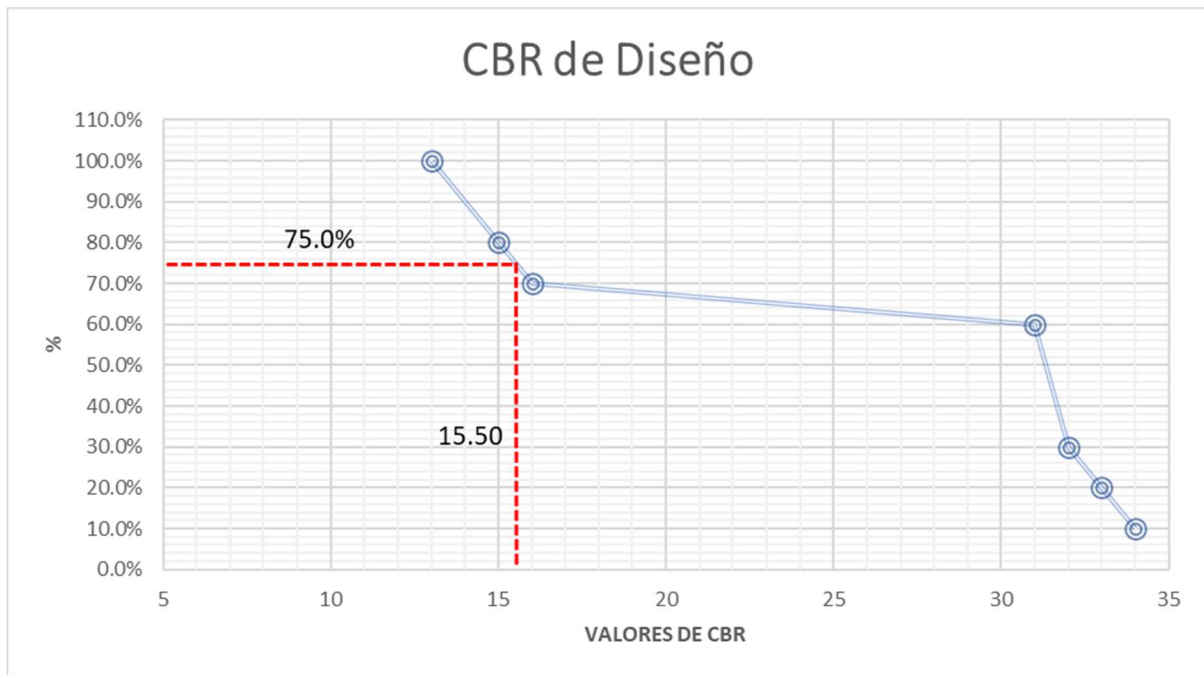
Teniendo los valores CBR de menor a mayor y los porcentajes de las cantidades iguales o mayores y definido el percentil a tomar (75%), se procede a graficar el CBR de diseño de la subrasante, iniciando con una línea horizontal se intercepta la curva de la subrasante luego con una línea vertical en 90 grados se intercepta el valor calculado en este caso el CBR resultante es de 15.50 (Ver Figura 8, p. 50), el cual de acuerdo con la clasificación de CBR (California Bearing Ratio), de la Tabla 34, clasifica a la subrasante existente como de buena calidad, ya que está contenida en el rango de (10 a 20) como se muestra a continuación:

Tabla 34: Clasificación del CBR.

CBR	Clasificación
0-5	Subrasante mala
5-10	Subrasante regular
10-20 (CBR: 15.50)	Subrasante buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Crespo Villalaz, C. (2008).

Figura 8: Cálculo del CBR de diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

Se puede demostrar en el gráfico el resultado del CBR de diseño para la subrasante fue de 15.50%. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.



CAPITULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO

2024

4.1 Metodología de diseño AASHTO-93.

El método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos articulados de acuerdo con la Ecuación 9:

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

(Ec. 9)

Donde:

Wt_{18} : Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 KN acumuladas en el período de diseño (n).

Z_R : Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la confiabilidad del diseño (R) o grado de confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

S_O : Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔPSI : Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la plenitud (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (P_o) y su plenitud al final del periodo de diseño Serviciabilidad Final (P_t)).

M_R : Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y subbases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

SN : Número estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

4.2 Variables de diseño para considerarse en el método AASHTO-93.

4.2.1 Variables en función del tiempo.

4.2.1.1 La vida útil del pavimento.

Es aquel tiempo que transcurre entre la construcción de éste y el momento en que

alcanza el mínimo de serviciabilidad. El periodo de diseño no debe ser confundido con la vida útil del pavimento, ni con el periodo de análisis; este último puede comprender varios periodos de diseño, como en el caso de la pavimentación por etapas.

Por otra parte, la vida útil de un pavimento puede extenderse indefinidamente con la colocación de carpetas de refuerzo y otras medidas de rehabilitación, o durar mucho menos que lo estimado en el periodo de diseño, debido a fallas prematuras, o diseños deficientes del pavimento.

4.2.2 Variables en función del tránsito.

4.2.2.1 Factores Equivalente de Carga (FEi).

Es una carga estándar para diseño de pavimentos articulados de carreteras y calles es el eje de 8.2 ton equivalente a 18,000.00 lbs.

El efecto de cargas diferentes a ésta se tiene en cuenta para el diseño aplicando los llamados Factores de Equivalencia de Carga por Ejes, los cuales se obtienen en base a los resultados de AASHTO Road Test.

Existen para el pavimento articulado diferentes factores equivalentes (FEi) para distintos tipos de cargas por eje, y distintos índices de serviciabilidad, para este caso un índice de serviciabilidad final de $P_t = 2.0$.

4.2.2.2 Peso por Ejes Simples Equivalentes.

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 lbs) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño $F=1$.

En el tramo en estudio, el ESAL de diseño calculado es 534,000.00 (Ver Capitulo II, Tabla 21, p. 32)

4.2.2.3 Confiabilidad (R).

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño y comportamiento de un pavimento, a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.

Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad R del 80%, que corresponde a un valor recomendado para el tipo de vía, como colectora rural la cual se muestra a continuación en la Tabla 35:

Tabla 35: Niveles de Confiabilidad R en función del tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 95	75 - 95
Colectora Suburbana	50 - 80	<u>50 - 80</u>

Fuente: *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2002.*

Una vez seleccionado el valor de confiabilidad ($R = 80\%$), se busca el valor de desviación normal estándar (ZR) en dependencia de la confiabilidad, el valor escogido se muestra a continuación en la Tabla 36, p. 55:

Tabla 36: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.

Confiabilidad R (%)	Desviación Normal Estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Fuente: *Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.*

4.2.2.4 Desviación Estándar (So).

La desviación estándar del sistema toma en cuenta las variaciones en las ecuaciones, las mediciones y los materiales. Se selecciona un nivel de confiabilidad para determinar con que confianza se espera que el pavimento dure el periodo de tiempo para el que fue diseñado. La AASHTO 93 recomienda para construcciones nuevas de pavimentos articulados una desviación estándar (So), de 0.45. (Ver Tabla 37, p. 56)

**Tabla 37: Desviación estándar dependiendo
de las condiciones de servicio.**

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

***Fuente:** Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.*

4.2.2.5 Serviciabilidad.

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. El índice de serviciabilidad varía de 5 (excelente) a 0 (pésimo).

El método AASHTO 93 predice el porcentaje de pérdidas de serviciabilidad (Δ PSI), para varios niveles de tránsito y cargas de ejes, entre mayor sea la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI), mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar. Los valores recomendados por la AASHTO y por experiencia son:

- **Serviciabilidad Inicial:**

Po = 4.5 para pavimentos rígidos.

Po = 4.2 para pavimentos articulados.

- **Serviciabilidad Final:**

Pt = 2.5 o más para caminos principales

Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor.

Para el presente diseño se utilizó:

Serviciabilidad Inicial: Po = 4.2 y Serviciabilidad Final: Pt = 2.0

- **Perdida de Serviciabilidad Δ PSI = 4.2 – 2.0; Δ PSI = 2.2**

4.3 Características de los Materiales que conforman el Pavimento.

4.3.1 Módulo de resiliencia (MR).

El CBR de diseño estimado para el tramo de estudio es de 15.50%. Este se obtuvo con un percentil de 75%. (Ver Capítulo III, Figura 8, p. 50)

La guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones (Ecuación 10 y Ecuación 11) para encontrar el Módulo resiliente de la subrasante.

Tabla 38: Correlación entre el CBR y Módulo Resiliente para subrasante.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1,500 * CBR$ (Ec. 10)
CBR > 10%	$Mr = 4,326 * \ln(CBR) + 241$ (Ec. 11)

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Se utilizó la segunda correlación (Ecuación 11) conociendo que el CBR de la subrasante calculado resultó de 15.50%.

Tabla 39: Cálculo de Modulo resiliente de la subrasante

Aplicando la Ec. 11
$Mr = 4,326 * \ln(CBR) + 241$
$Mr = 4,326 * \ln(15.50\%) + 241$
$Mr = 12,097.87 \text{ PSI}$

Fuente: Elaborado por Sustentante.

4.3.2 Coeficiente de drenaje (mi).

El drenaje del agua en los pavimentos es un aspecto importante para considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

La AASHTO-93 recomienda ciertos coeficientes de drenaje que son usados para

los cálculos en la estimación de los espesores de diseño, tal como se muestra en la Tabla 40:

Tabla 40: Capacidad del drenaje para remover la humedad.

Capacidad del drenaje para remover la humedad		
Calidad del drenaje	Aguas removidas en	
	50% de saturación	85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Malo	No drena	Mayor de 15 horas

Fuente: *Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.*

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de $m_i = 1.00$. (Ver Tabla 41)

Tabla 41: Niveles de humedad cercanos a la saturación.

Calidad del drenaje	P=% del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 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	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: *Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.*

4.3.3 Coeficientes Estructurales de Capa (ai).

Los coeficientes estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a números

estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Mediante el uso de las figuras de la guía AASHTO se determina el coeficiente estructural de cada capa del pavimento, según el método de diseño.

Se presentan tres categorías de estos coeficientes de acuerdo con el tipo y función de la capa considerada:

a_1 : Para la capa de rodamiento (adoquín).

a_2 : Para la base granular (Banco de Préstamo La Piedra, dueño: Nelson Eliat Téllez López)

a_3 : Para la subbase. (Banco de Préstamo La Piedra, dueño: Nelson Eliat Téllez López)

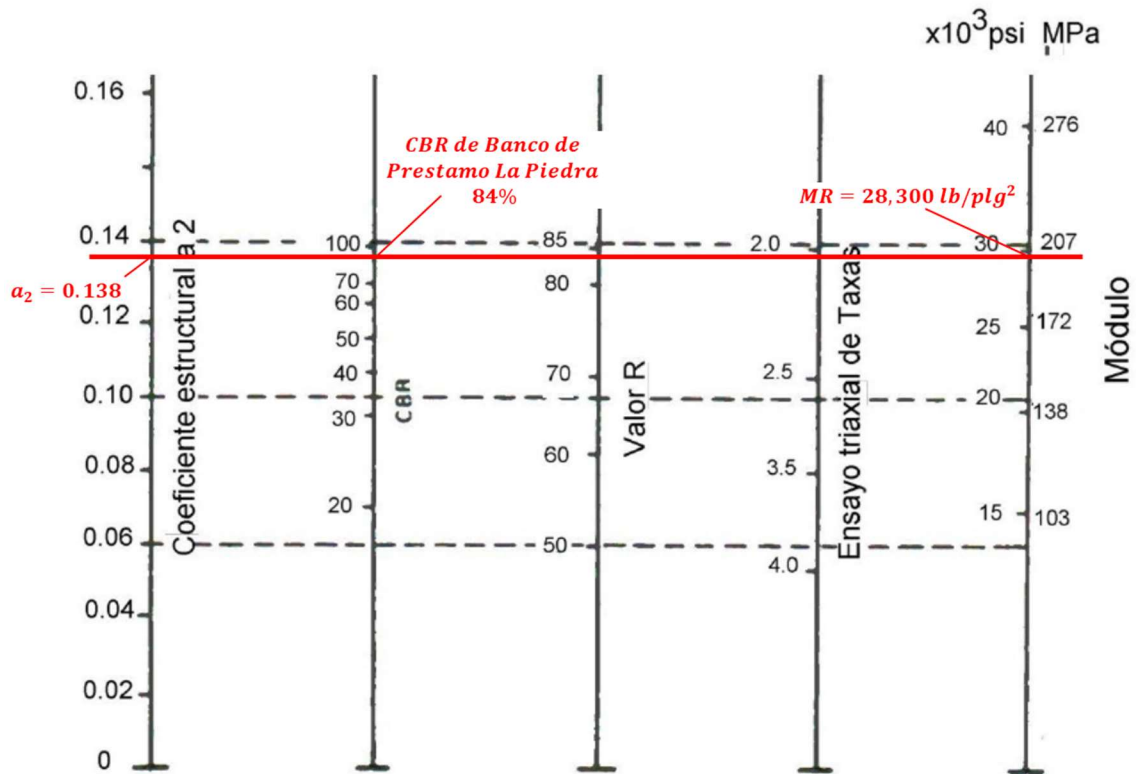
4.3.3.1 Capa de Rodamiento (a_1)

Se considera el coeficiente de $a_1 = 0.45$ cuando se utiliza adoquín como capa de rodamiento (valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Cap. 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, p. 107)

4.3.3.2 Base Granular No Tratada (a_2).

El valor del coeficiente estructural de capa base granular no tratada con cemento (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO-93. Tomando como parámetro de entrada el valor CBR al 95% de compactación Proctor modificado del Banco de Préstamo La Piedra, dueño: Nelson Eliat Téllez López seleccionado, el cual posee un CBR de 84% (Ver Tabla 28, p. 45, Cap. III) en base a este valor se estima el valor a_2 , se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha e izquierda el valor de $a_2 = 0.138$ y un MR = 28,300 lb/plg². (Ver Figura 9, p. 60)

Figura 9: Coeficiente estructural a_2 y Módulo resiliente, para base no tratada.

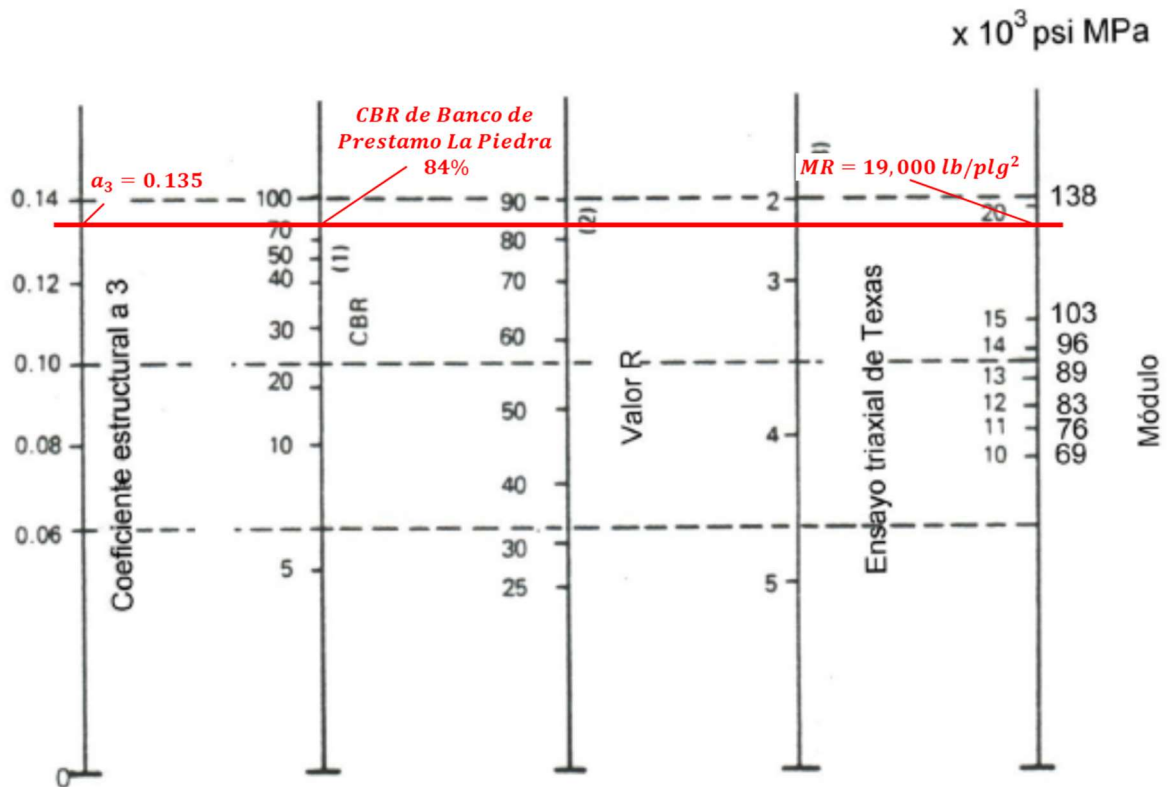


Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993 p.118 PDF.

4.3.3.3 Subbase (a_3).

El valor del coeficiente estructural de capa de subbase granular no tratada con cemento (a_3) se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO-93 Figura 5.18, p. 118. Tomando como parámetro de entrada el valor CBR al 95% de compactación Proctor modificado del Banco de Préstamo La Piedra, dueño: Nelson Eliat Téllez López seleccionado, el cual posee un CBR de 84% en base a este valor se estima el valor a_3 , se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha e izquierda con el valor de $a_3 = 0.135$ y un MR = 19,000 lb/plg². (Ver Figura 10, p. 61)

Figura 10: Coeficiente estructural a_3 y Módulo resiliente, para subbase no tratada



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993 p.118 PDF.

4.3.4 Números Estructurales (SN).

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa. La guía AASHTO presenta en su guía la Ecuación 12 para el cálculo del número estructural (SN):

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (\text{Ec. 12})$$

Dónde:

D_i : espesores de capas asfálticas, base y subbase respectivamente en pulgadas.

a_i : coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo.

m_i : coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

4.3.4.1 Cálculo de los Números Estructurales (SN2, SN3).

El valor del Número estructural de la capa granular se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO; tomando como parámetros de entrada los siguientes valores encontrados, consolidados en la Tabla 42:

Tabla 42: Resumen de factores encontrados

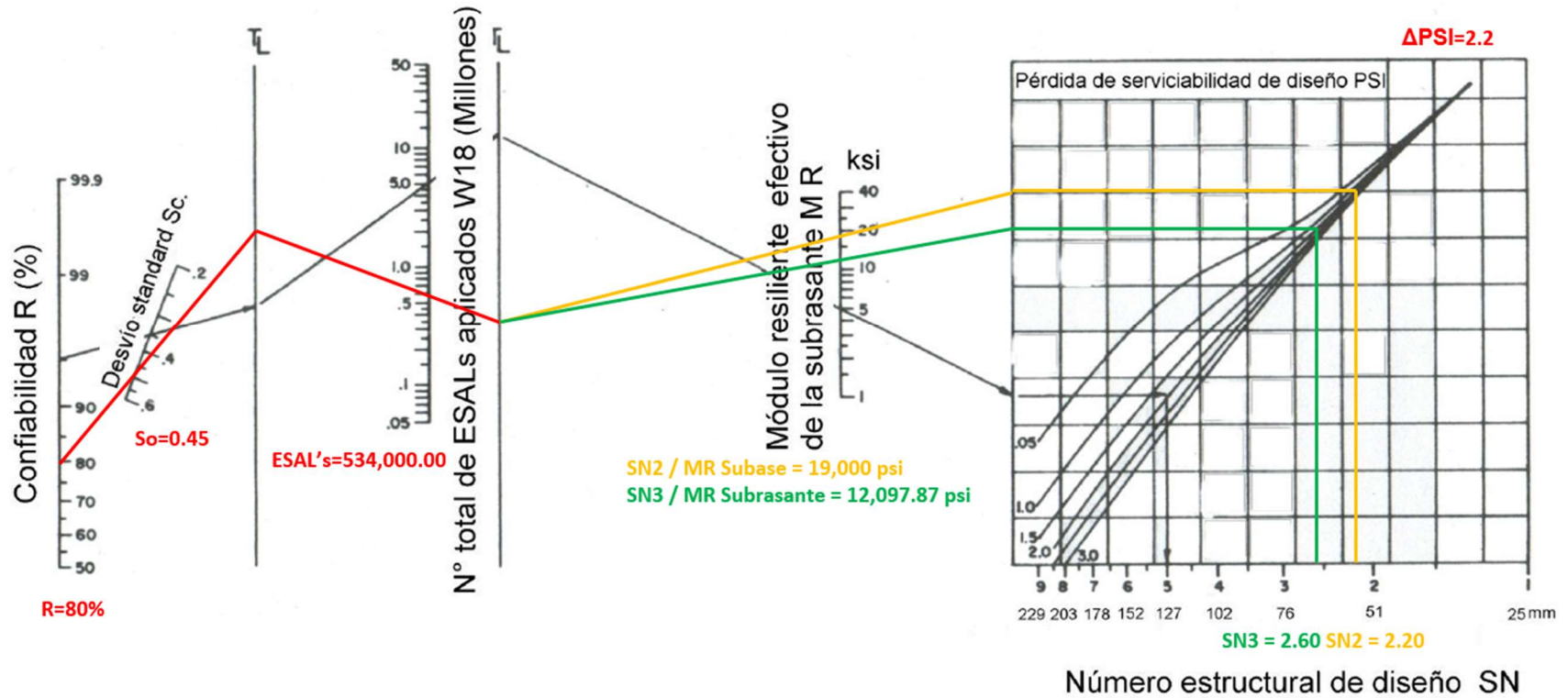
Resumen de factores encontrados	
ESAL's	534,000.00
Periodo de Diseño	15.00
Confiabilidad ('R)	80.00%
Desviacion Normal Estandar (Zr)	- 0.841
Desviacion Estandar (So)	0.45
Serviciabilidad (Po)	4.20
Serviciabilidad (Pt)	2.00
ΔPSI	2.20
Modulo Resiliente de la subrasante (MR)	12,097.87
Coeficiente de Drenaje (m)	1.00
Coeficiente de Capa Adoquin (a1)	0.450
Coeficiente de Capa Base (a2)	0.138
Coeficiente de Capa Subbase (a3)	0.135

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Los números estructurales requeridos para proteger cada capa se determinan utilizando el valor del módulo resiliente de la capa que se encuentra inmediatamente por debajo, por ejemplo, para obtener el espesor D2 (base) se considera el MR de la capa subbase y así se obtiene el SN2 que será absorbido por la capa de adoquín y capa base.

Para el cálculo de SN2 y SN3, se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (Ver Figura 11, p. 63).

Figura 11: Obtención del Número Estructural SN2 y SN3.



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, Figura 8.1, cap. 8 p. 174 PDF.

4.3.4.2 Número Estructural (SN1).

Conociendo que se utilizará adoquín para la capa de rodamiento, el espesor de este será de $D_1 = 4$ pulgadas con un Coeficiente de capa (a_1) para adoquín el cual es de 0.45. El Número Estructural (SN_1) se calcula de la siguiente manera:

Para el cálculo se utilizó la Ecuación 13:

$$SN_1 = a_1 * D_1 \quad (Ec. 13)$$

Donde:

SN_1 = numero estructural del adoquín

a_1 = coeficiente estructural del adoquín (0.45)

D_1 = espesor del adoquín (4.00 pulgadas)

$SN_1 = 0.45 * 4.00 = 1.80 \text{ plg}$ (para protección de base)

4.4 Cálculo de los espesores de la estructura de pavimento.

Teniendo en cuenta que ya se conoce los coeficientes estructurales a_1, a_2, a_3 y los números estructurales SN_1, SN_2, SN_3 , entonces el valor del espesor de la base se obtiene de la siguiente manera:

Determinar el espesor para la base (D_2) con la Ecuación 14:

$$D_2 = \frac{(SN_2 - SN_1)}{(a_2 * m_2)} \quad (Ec. 14)$$

$$D_2 = \frac{(2.20 - 1.80)}{(0.138 * 1.00)} = 2.90 \text{ plg} \quad \text{No cumple con el espesor mínimo}$$

Por lo tanto, adoptar un valor mínimo para la base de 6.00 plg, de acuerdo con las especificaciones del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA 2002 (Ver Tabla 43, p. 65). El valor del espesor corregido será $D_2^* = 6.00 \text{ plg}$

Tabla 43: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL's	Espesores mínimos (pulgadas)	
	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000 (534,000)	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Mas de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993

El número estructural absorbido por la capa base está dado por la Ecuación 15:

$$SN_2^* = a_2 * D_2^* * m_2 \quad (Ec. 15)$$

$$SN_2^* = 0.138 * 6.00 * 1.00$$

$$SN_2^* = 0.828$$

El número estructural SN_2 , con valor corregido para la base resulta de 0.828

Cálculo del espesor para subbase D_3 utilizando la Ecuación 16:

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2^* + SN_1^*)}{a_3 * m_3} \quad (Ec. 16)$$

$$D_3 = \frac{2.60 - (0.828 + 1.80)}{0.135 * 1.00}$$

$$D_3 = -0.207 \text{ plg}$$

Los criterios de la AASHTO-93, indican que, si el resultado del espesor para la subbase posee un valor negativo o es cero, este no necesita dicha capa.

Para comprobación, se hace uso de la Ecuación 17, en donde el resultado de suma $SN_1^* + SN_2^*$ tiene que ser mayor o igual al $SN_{requerido}$.

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_{requerido} \quad (Ec. 17)$$

En donde el $SN_{requerido}$ se define de la Ecuación 9, p. 52, en donde se asumirá un valor de SN que sea necesario para cumplir con la igualdad que la ecuación expresa. En este caso el $SN_{requerido}$ tiene un valor de 2.37

Realizando los cálculos de la Ecuación 17, p. 65; tenemos que:

$$1.80 + 0.828 \geq 2.37$$

$$2.628 \geq 2.37 \quad \textbf{CUMPLE!}$$

4.4.1 Espesores finales de diseño.

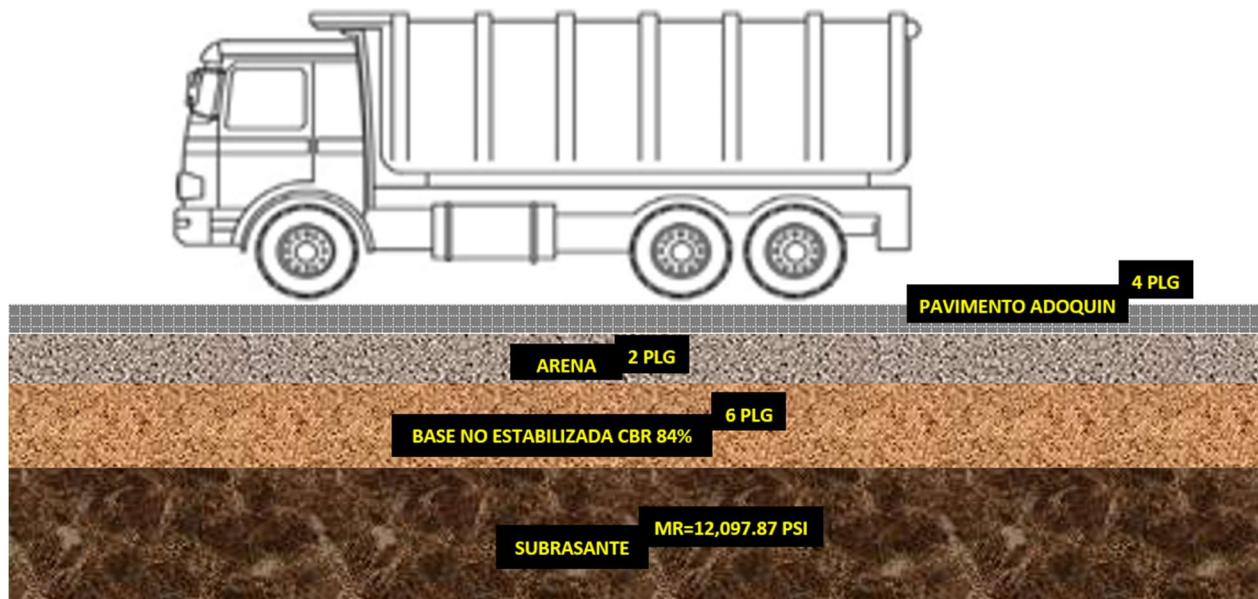
En base a lo anterior, la estructura de pavimento quedaría conformada como se muestra en la Tabla 44 y se puede visualizar gráficamente en la Figura 12, p. 67 (Ver Anexos, Figura 18, p. XIX)

Tabla 44: Espesores de diseño

Capa	Pulgadas	Espesor	Centímetros
		Condición	
Capa de rodamiento (adoquín)	4"	3,500 PSI	10.16
Cama de arena	2"	No > 5 cm; Ni < 3 cm	5.08
Base granular (terracería)	6"	No estabilizada	15.24
Espesor total requerido	12"		30.48

Fuente: *Elaborado por Sustentante.*

Figura 12: Estructura final de pavimento articulado



Fuente: Elaborado por Sustentante.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos específicos planteados se ha concluido que:

- Mediante el estudio de tránsito se logró determinar un Tránsito Promedio Diario Anual TPDA de 341 vpd, en donde el 77% corresponde a vehículos livianos; siendo los más predominantes vehículos, camionetas y jeep; y el 23% a vehículos pesados. Se logró definir un Tránsito de Diseño TD de 953,818 vehículos para un periodo de diseño de 15 años, con lo cual se estableció el valor ESAL's de 534,000.00 ejes equivalentes por carril de diseño.
- Se determinó que predominan los suelos del tipo A-2-4, A-2-5 y A-1-b catalogados como materiales buena a excelente calidad, en menor cantidad se encontraron suelos como A-6 y A-4, considerados como material de mala calidad, deformables y con notoria influencia de la humedad en sus propiedades. El cálculo del CBR de diseño de la subrasante resultó de 15.50%, correspondiente al ESAL's calculado.
Se propone como base granular el banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López, con clasificación A-1-a (0), clasificado según la AASHTO como un material de excelente a buena calidad; tiene un CBR de 84% al 95% de compactación.
- Los espesores de la estructura de pavimento resultantes fueron: 4 pulgadas para la capa de rodamiento con adoquín, 2 pulgadas para la capa o colchón de arena y 6 pulgadas para la base granular no estabilizada, utilizando material del banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López, el espesor de la subbase resultó negativo, por lo cual no necesita dicha capa.

RECOMENDACIONES.

- Controlar durante el proceso de construcción en línea, cualquier afloramiento posible de materiales indeseables no detectado en el estudio geotécnico, para así realizar los ajustes necesarios en los cálculos.
- Garantizar la utilización de adoquín tipo tráfico de concreto con una resistencia que no deberá ser menor de 3,500 PSI
- La estructura final de pavimento articulado deberá cumplir con los espesores de diseño durante la etapa de construcción; que en este caso son, 6 pulgadas de base granular no estabilizada, 2 pulgadas de cama de arena y pavimento de adoquín de 4 pulgadas.
- Programar y realizar mantenimiento rutinario para garantizar el buen estado de la vía y así evitar altos costos de mantenimiento de corrección o rehabilitación.
- Realizar conteos volumétricos de tráfico de acuerdo a la regulación del MTI para la determinación de la evolución del tráfico una vez que el camino este pavimentado con el objetivo de tomar medidas para la preservación de la estructura del pavimento.
- Se sugiere la elaboración de estudio topográfico, hidrológico, hidráulico y geométrico que sean complemento a este diseño estructural de pavimento y abarquen otras particularidades para su implementación y ejecución en sitio.

BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO. Septiembre 1993. Diseño de Pavimentos (AASHTO-93). American Association of State Highways and Transportation Officials
- BCN. Marzo 2022. Informe Anual 2021. Banco Central de Nicaragua.
- MTI. Octubre 2008. Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos. Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- MTI. Abril 2002. NIC 2000, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes. Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- MTI. Mayo 2021. Anuario de Aforos de Trafico Año 2020. Oficina de Diagnostico, Evaluación de Pavimentos y Puentes
- MTI. 2019. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC2019).
- SIECA. 2002. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Secretaria de Integración Económica Centroamericana.
- SIECA. 2004. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. 2da Edición.
- SIECA. 2011. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque en Gestión de Riesgo y Seguridad Vial. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. 3ra Edición.



ANEXOS

2024

Figura 13: Inicio del tramo Empalme Larreynaga (Est. 0+000)



Fuente: Levantado por Sustentante.

Figura 14: Deterioro en la superficie de rodamiento del tramo.



Fuente: Levantado por Sustentante.

Figura 15: Deterioro en la superficie de rodamiento del tramo.



Fuente: Levantado por Sustentante.

Figura 16: Deterioro en la superficie de rodamiento del tramo y ausencia de obras de drenaje.



Fuente: Levantado por Sustentante.

Tabla 45: Formato para conteo de tráfico vehicular por día.

Hora	Fecha de Conteo:				Sentidos:				Ubicación:							Equipo Pesado			Total
	Vehiculos Livianos				Veh. Pasajeros				Vehiculos de Carga										
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros		
06:00:00	07:00:00																	0	
07:00:00	08:00:00																	0	
08:00:00	09:00:00																	0	
09:00:00	10:00:00																	0	
10:00:00	11:00:00																	0	
11:00:00	12:00:00																	0	
12:00:00	13:00:00																	0	
13:00:00	14:00:00																	0	
14:00:00	15:00:00																	0	
15:00:00	16:00:00																	0	
16:00:00	17:00:00																	0	
17:00:00	18:00:00																	0	
TOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Facilitador: Ing. Claudia Verónica Reyes Romero.

Tabla 46: Conteo de tráfico vehicular Est: 0+580 (mar 02/08/2022).

Hora		Fecha de Conteo: 02/08/2022				Sentidos:						Ubicación:										Total
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros						Vehículos de Carga					Equipo Pesado					
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros				
06:00:00	07:00:00	4	2	3	6	0	1	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	25			
07:00:00	08:00:00	4	4	3	3	1	2	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	22			
08:00:00	09:00:00	5	4	0	5	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	20			
09:00:00	10:00:00	4	3	5	5	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	23			
10:00:00	11:00:00	4	3	3	5	2	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	22			
11:00:00	12:00:00	3	4	4	4	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	23			
12:00:00	13:00:00	4	2	4	3	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19			
13:00:00	14:00:00	5	4	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17			
14:00:00	15:00:00	5	3	4	3	0	0	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	22			
15:00:00	16:00:00	3	4	1	4	1	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19			
16:00:00	17:00:00	3	5	4	3	3	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	24			
17:00:00	18:00:00	5	5	3	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20			
TOTAL		49	43	37	50	12	8	17	12	16	12	0	0	0	0	0	0	0	256			

Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Tabla 47: Conteo de tráfico vehicular Est: 0+580 (mie
03/08/2022).**

Hora		Fecha de Conteo: 03/08/2022				Sentidos:					Ubicación:										Total
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros					Vehículos de Carga					Equipo Pesado					
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.											
06:00:00	07:00:00	4	3	3	6	0	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	23			
07:00:00	08:00:00	5	3	3	4	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	18			
08:00:00	09:00:00	4	5	7	5	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	27			
09:00:00	10:00:00	5	4	2	3	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	20			
10:00:00	11:00:00	3	5	3	5	0	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	22			
11:00:00	12:00:00	4	4	5	4	1	2	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	28			
12:00:00	13:00:00	5	5	4	5	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	25			
13:00:00	14:00:00	3	4	7	6	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	26			
14:00:00	15:00:00	5	6	3	5	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	23			
15:00:00	16:00:00	4	6	4	4	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	26			
16:00:00	17:00:00	5	5	3	8	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	25			
17:00:00	18:00:00	5	5	5	4	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	24			
TOTAL		52	55	49	59	12	7	13	12	15	13	0	0	0	0	0	0	287			

Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Tabla 48: Conteo de tráfico vehicular Est: 0+580 (jue
04/08/2022).**

Hora		Fecha de Conteo: 04/08/2022				Sentidos:					Ubicación:										Total
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros					Vehículos de Carga					Equipo Pesado					
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros			
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.												
06:00:00	07:00:00	5	4	4	3	2	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	23			
07:00:00	08:00:00	4	6	3	3	0	1	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	25			
08:00:00	09:00:00	5	5	2	5	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	25			
09:00:00	10:00:00	3	7	1	4	0	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	21			
10:00:00	11:00:00	4	5	3	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21			
11:00:00	12:00:00	5	3	4	3	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	25			
12:00:00	13:00:00	4	4	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	14			
13:00:00	14:00:00	4	4	6	5	1	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	25			
14:00:00	15:00:00	5	5	4	2	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	22			
15:00:00	16:00:00	2	3	3	4	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	18			
16:00:00	17:00:00	3	7	3	2	2	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	22			
17:00:00	18:00:00	5	4	7	4	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	25			
TOTAL		49	57	42	42	12	9	12	12	14	17	0	0	0	0	0	0	266			

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Tabla 49: Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico de la Oficina de Diagnóstico, Evaluación de Pavimentos y Puentes

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracillos, 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 ltnas 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 furgonetas 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).

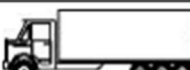
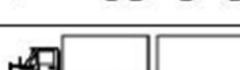
Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p.36
PDF

Tabla 50: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo / vehículos livianos y pasajeros.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	 1/1	2200/2200
JEEP	 1/1	2200/2200
CAMIONETA	 1/2	2200/4400
MC-15	 2/4	4400/8800
MC-15-30	 4/8	8800/17600
C-2 LIV	 4/8	8800/17600
BUS=C2	 5/10	11000/22000

Fuente: Dirección General de Vialidad - MTI / Doc. Clasificación Vehicular del MTI

Tabla 51: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo / 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 11		4.50	9.00					13.50
C3 12		5.00	16.00					21.00
			8.00	8.00				
C4 Tx-Sx<4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1 Tx-Sx<4		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2 Tx-Sx<4		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3 Tx-Sx>5		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1 Tx-Sx<4		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2 Cx-Rx<4		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3 Cx-Rx>5		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2 Cx-Rx<4		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 Cx-Rx>5		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 Cx-Rx>5		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

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.

b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Dirección General de Vialidad - MTI / Doc. Clasificación Vehicular del MTI

Tabla 52: Trafico Promedio Diario Anual histórico por tipo de vehículo, Año 2020; ECS N° 2616 Emp. Larreynaga – Larreynaga. EMC-1802 San Marcos – Masatepe.

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
543	NN-255	2616	ECS	Emp. Larreynaga - Larreynaga	2010	106	4	4	44	2		6	18	3						2		2	191
					2008	110	3	11	48			2	26	5								2	206
					2005	42	3	7	35	1		1	16	5						1		4	115
					2002	18	7	7	29		7	1	8	4								1	81
EMC:1802																							
Tasa Crecimiento: 6,74%					2020	203	8	8	84	4		12	35	6						4		4	367
						Liv. 303			Pasaj. 15			Pesado 48											
						83%			4%			13%											

Registros muy escasos y desfasados para proyección

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p.291 PDF

Tabla 53: Trafico Promedio Diario Anual histórico por tipo de vehículo, Año 2020; ECD N° 1211 Emp. Telica – Emp. Quezalguaque. EMC N° 1205 Emp. Chichigalpa – Rotonda Chinandega.

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmla.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
103	NIC-12A	1211	ECD	Emp. Telica - Emp. Quezalguaque	2018	764	1523	407	1688	513	18	364	631	365	118	1	777		1	22		37	8.229
					2012	821	1272	519	1306	331	8	314	443	424	96		1048			50	1	43	6.376
					2010	803	900	390	1297	402	5	327	487	391	81	1	716			18	1	16	5.635
					2008	882	1207	520	1492	429	12	303	556	337	66	1	1019		1	17	1	87	6.430
					2005	801	1172	696	1593	510	26	385	402	331	40	0	858			35	0	54	6.304
					2000	662	951	473	1192	382	7	371	369	392	63	1	480			59		49	4.951
					2001	191	589	408	1164	373	1	402	242	394	52	2	639	0	1	27		48	4.534
					1999	209	566	499	1208	333	18	355	258	514	131	1	703		1	31	3	36	4.865
					1998	169	499	425	1134	247	13	315	247	381	102	3	395		5	37	3	40	4.015
					1997	139	462	366	864	228	10	310	73	339	33	2	338		6	29		32	3.231
					1996	139	454	454	1216	23	66	264	124	333	45	10	282	1	7	47		31	3.496
				EMC:1205																			
				Tasa Crecimiento: 4.79%	2020	1937	1672	447	1853	563	20	400	693	401	130	1	853		1	24		41	9.035
						Liv. 5909				Pasaj. 983			Pesado 2143										
						65%				11%			24%										

Registros más completos y actuales para proyección

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p.145 PDF

Tabla 54: Factores de Ajuste para ECD-1211 Emp. Telica – Emp. Quezalaguaque, bajo la dependencia de la EMC-1205 Emp. Chichigalpa – Rotonda Chinandega.

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,34	1,31	1,30	1,29	1,21	1,17	1,26	1,32	1,44	1,37	1,00	1,66	1,00	1,00	1,10	1,00	1,16
Factor Semana	0,95	0,93	0,92	0,90	0,90	0,89	0,94	0,89	0,87	0,91	1,00	0,90	1,00	1,00	0,95	1,00	0,92
Factor Fin de Semana	1,14	1,23	1,30	1,38	1,39	1,48	1,21	1,45	1,56	1,34	1,00	1,37	1,00	1,00	1,16	1,00	1,30
Factor Expansión a TPDA	1,02	1,12	1,09	1,09	0,93	1,10	0,98	1,02	0,96	1,02	1,00	0,84	1,00	1,00	2,02	0,67	1,00

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día *	1,25	1,28	1,25	1,26	1,22	1,33	1,29	1,23	1,33	1,32	1,00	1,56	1,00	1,00	1,25	1,00	1,29
Factor Semana *	1,00	0,99	0,97	0,94	0,94	0,90	1,04	0,87	0,94	0,89	1,00	0,92	1,00	1,00	1,02	1,00	1,01
Factor Fin de Semana	1,01	1,01	1,07	1,20	1,21	1,36	0,91	1,63	1,21	1,44	1,00	1,27	1,00	1,00	0,96	1,00	0,97
Factor Expansión a TPDA *	1,00	0,98	0,98	1,00	1,15	0,90	0,98	1,03	0,95	1,71	1,00	1,11	1,00	1,00	0,61	2,33	0,84

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,26	1,27	1,25	1,26	1,21	1,17	1,26	1,24	1,28	1,16	1,00	1,52	1,00	1,00	1,06	1,00	1,11
Factor Semana	0,92	0,96	0,94	0,90	0,91	0,89	0,93	0,87	0,85	0,81	1,00	0,86	1,00	1,00	0,76	1,00	0,87
Factor Fin de Semana	1,26	1,11	1,19	1,36	1,33	1,43	1,23	1,61	1,77	2,37	1,00	1,67	1,00	1,00	4,57	1,00	1,60
Factor Expansión a TPDA	0,98	0,92	0,94	0,92	0,95	1,02	1,04	0,96	1,11	0,70	1,00	1,09	1,00	1,00	1,15	0,93	1,23

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI Año 2020, p. 373 PDF

Tabla 55: Clasificación funcional de la vía en base al TPDA.

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

Notas: Pav: Pavimento asfáltico o de cemento Portland

P: Plano O: Ondulado M: Montañoso

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

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA Año 2004, p. 33 PDF

Tabla 56: Factores Equivalentes de Carga para pavimentos flexibles, ejes simples

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
Valores a interpolar	2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
	4	17.8	.002	.003	.002	.002	.002
	6	26.7	.009	.012	.011	.010	.009
	8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031
	10	44.5	.075	.085	.090	.085	.079
	12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174
	14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338
	16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603
	18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57
	22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35
	24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3
	50	222.5	113	108	97	86	81

Fuente: Diseño de Pavimentos (AASHTO-93), p.31 PDF

Tabla 57: Factores Equivalentes de Carga para pavimentos flexibles, ejes tándem

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Diseño de Pavimentos (AASHTO-93), p.32 PDF

Tabla 58: Clasificación de suelos AASHTO M-145.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 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:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 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 N° 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 $\geq$ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: Normativa AASHTO, Clasificación de Suelos Método AASHTO M-145

Figura 17: Ubicación de sondeos manuales.



Fuente: Google Maps (2023).

Tabla 59: Ensayes adicionales del banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López

 PROYECTO: LARREYNAGA, LEON UBICACIÓN: 4+000 PROCEDENCIA: BANCO DE MATERIALES LA PIEDRA (Nelson Eliat Téllez López)				
PROPIEDADES FISICO-MECANICAS				
ESTACION / UBICACIÓN	UBICACIÓN	DUEÑO	CLASIFICACION HRB	SONDEO
4+000	Est. 4+000, en direccion hacia casco urbano Larreynaga	Nelson Eliat Téllez López	A-1-a (0)	1
ENSAYOS ADICIONALES				
DETERMINACION No.			1	
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO (gr)			5,000.00	
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12 (gr)			1,485.00	
DIFERENCIA			3,515.00	
APROXIMADO DE DESGASTE (%)			29.7	
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12 (gr)			3,500.00	
DEFINITIVO DE DESGASTE (%)			38	
RESULTADO DE INTEMPERISMO			8	

Fuente: Archivo ECONS-3

Tabla 60: Resultados de CBR saturado del banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López

		PROYECTO:	LARREYNAGA, LEON			
		UBICACIÓN:	4+000			
		PROCEDENCIA:	BANCO DE MATERIALES LA PIEDRA (Nelson Eliat Téllez López)			
PROPIEDADES FISICO-MECANICAS						
ESTACION / UBICACIÓN	UBICACIÓN	DUEÑO	CLASIFICACION HRB	SONDEO		
4+000	Est. 4+000, en direccion hacia casco urbano Larreynaga	Nelson Eliat Téllez López	A-1-a (0)	1		
RESULTADOS CBR						
ANILLO	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
	DIAL	CARGA	DIAL	CARGA	DIAL	CARGA
0.025"	28	570	39	794	45	916
0.05"	44	896	60	1,222	74	1,507
0.075"	60	1,222	81	1,649	103	2,097
0.1"	77	1,568	105	2,138	133	2,708
0.15"	98	1,995	133	2,708	169	3,441
0.2"	120	2,443	161	3,278	205	4,174
0.3"	142	2,891	190	3,868	243	4,947
0.4"	164	3,339	217	4,418	279	5,680
CBR	48		84		93	

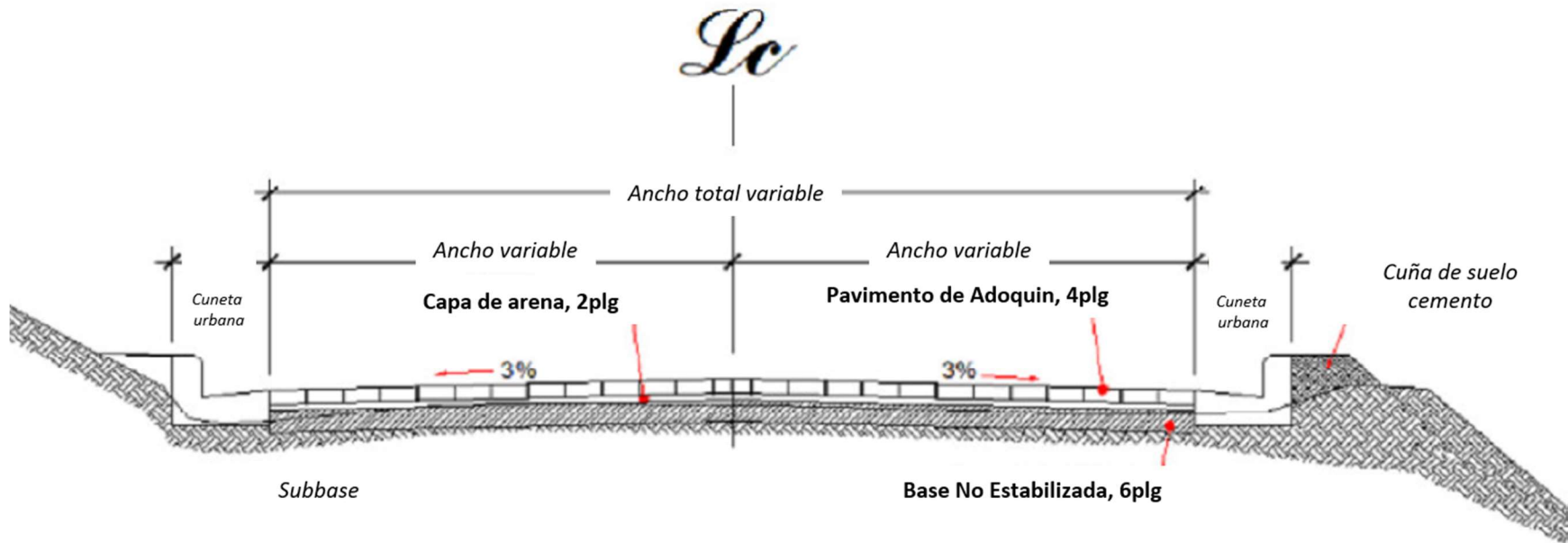
Fuente: Archivo ECONS-3

Tabla 61: Evaluación de requerimiento mínimos según NIC-2000 (Banco de préstamo Nelson Eliat Téllez López).

PRUEBA	REQUERIMIENTO MINIMO NIC-2000	BANCO DE MATERIALES LA PIEDRA (Nelson Eliat Téllez López)	VALORACION
Graduacion	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desagaste Los Angeles	Max. 50%	38%	Cumple
Intemperismo Acelerado	Max. 12%	8%	Cumple
Inidice de Plasticidad	Max 10%	N.P.	Cumple
Para Subbase: CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T- 180) y 4 dias de saturacion	Min. 40%	84%	Cumple
Para Base: CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T-180) y 4 dias de saturacion	Min. 80%	84%	Cumple
Cuadro 1003.10 de NIC-200 (Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la subrasante)			
TAMIZ (mm)	% QUE DEBE PASAR POR TAMIZ	BANCO DE MATERIALES LA PIEDRA (Nelson Eliat Téllez López)	VALORACION
No. 3 (75)	100	100	Cumple
No. 4 (4.75)	30-70	48	Cumple
No. 200 (0.075)	0-15	2	Cumple

Fuente: *Elaborado por Sustentante*

Figura 18: Sección típica propuesta.



Fuente: Elaborado por Sustentante (Sin Escala).

GLOSARIO.

-A-

Adoquines: Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

Adoquinado: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado fino: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N° 4 (4,75 mm).

-B-

Bache: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Bombeo: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona, así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

-C-

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Capa subrasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Cama de Arena: Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

Capacidad de carga última del terreno: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

Carretera no pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (articulado), de concreto Portland (rígida) o de adoquín (articulado).

Carpeta: Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cota de rasante: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

-E-

Elementos viales: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo, su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente: Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacífico del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (verano-invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

Estación sumaria: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado. En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en períodos de tres (martes – miércoles – jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de verano y/o invierno.

-I-

Intersección: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

Índice de plasticidad: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

-L-

Límite líquido: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

-M-

Módulo resiliente (suelos): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud,

duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

-N-

Niveles de servicio: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

-P-

Pavimento: Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Pendiente de la carretera: Inclinação del eje de la carretera, en el sentido de avance.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

-S-

Sub- base: Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de subbase, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Suelo: Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que

lo constituyen.

-T-

Terraplén: Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras

HOJA DE MATRICULA

AÑO ACADÉMICO 2024

No. Recibo **36988**

No. Inscripción **1095**

NOMBRES Y APELLIDOS: Christian Rodolfo Calderon Cardenas

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2008-23910

TURN0:

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE 2024

FECHA: 11/03/2024

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F: Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

ISOZA

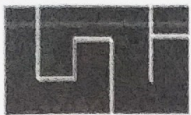
GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 11-mar.-2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

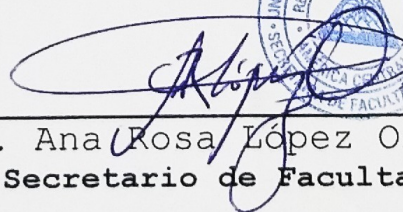
El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

CALDERON CARDENAS CHRISTIAN RODOLFO

Carné: **2008-23910** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y nueve días del mes de noviembre del año dos mil veinte y tres.

Atentamente



MSc. Ana Rosa López Olivas
Secretario de Facultad