

Facultad de Tecnología de la Construcción

“DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAMO Y LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 1.47 KILÓMETROS, EMPALME SANTA ROSA COMUNIDAD LA LAGUNA, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CONDEGA, POR EL MÉTODO DE AASHTO-93”.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Víctor Oniel
Hernández Valle
Carnet: 2015-0413N

Br. Jonny Javier
Briones Díaz
Carnet: 2014-0041N

Tutor:

Msc.Ing. Gioconda
Isabel Juárez Romero

22 de noviembre del 2023
Managua, Nicaragua

CARTA DIRIGIDA A DECANO

INCLUIR CARTA DE APROBACIÓN

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTO.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tuvo como objetivo realizar el diseño geométrico y la estructura de pavimento articulado de 1.47 kilómetros, aplicando el método de AASHTO-93.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

Este capítulo abordó las generalidades del proyecto su ubicación geográfica, una breve introducción, antecedentes y justificación así como la importancia del diseño y los alcances del estudio.

CAPÍTULO II: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Se recopiló la información resultante del levantamiento topográfico del tramo de 1.47 kilómetros (Empalme Santa Rosa, est. 0+000, hasta comunidad La Laguna, est. 1+470). Con respecto a los trabajos desarrollados, se ha incluido el levantamiento de la franja de la vía proyectada, bordes de camino, ubicación de BM's, inventario de todas las estructuras existentes.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

Se realizó un aforo vehicular en la estación 0+000, para conocer el volumen de vehículos y estimar el TPDiS (Tráfico Promedio Diurno Semanal) el cual se calculó por medio de los datos recolectados, realizado durante 7 días consecutivos 12 horas diurnas (6 am-6 pm), con el objetivo de estimar el TPDA (Tráfico Promedio Diurno Anual), para el cual se utilizaron factores de ajustes de la estación de corta duración (Estación ECD-114 Shell Palacagüina-Emp Yalagüina). Los factores utilizados fueron: FD (Factor día) y FE (Factor expansión).

La metodología empleada fue la del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), utilizando el anuario de aforos de tráfico -2020, con la finalidad de estimar una tasa de crecimiento en base a la estación seleccionada. También se utilizaron los registros históricos del PIB y POB para hacer pesar más el resultado final y posterior proyectar el tráfico actual, esto en un periodo de diseño, para finalmente estimar el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL s) o W18.

CAPÍTULO IV: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Los estudios de laboratorio fueron realizados EDICO (Ingenieros Consultores), en colaboración con la alcaldía municipal de Condega y sustentantes de esta monografía. Dichos sondeos permitieron la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente y bancos de materiales cercanos al proyecto. Se realizaron 8 sondeos en la plataforma vial de trabajo a cada 100 metros, donde se tomaron 25 muestras del terreno natural. Los bancos de préstamos se evaluaron en base a las recomendaciones de la NIC-2019 (Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes), para determinar si pueden ser utilizados como material base granular o subbase.

Posterior se realizó el cálculo del CBR de la subrasante en base a las muestras tomadas utilizando los cortes y rellenos que generó Civil 3D.

CAPÍTULO V: DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL.

El presente capítulo describe los métodos y procedimientos utilizados para el trazado del tramo de 1.47 kilómetros, haciendo uso del software Autodesk Civil 3D-version 2022 y adoptando los criterios del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA-2011, 3ra edición).

Se establecieron controles y criterios de diseño (vehículo de diseño en base a las características del tránsito), elementos de diseño (velocidad de diseño, distancias de visibilidad, alineamiento horizontal y vertical) y elementos de la sección transversal (calzada, hombros, drenaje longitudinal, bombeo y derecho de vía).

CAPÍTULO VI: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

En este capítulo se presenta el diseño del pavimento rígido según la Guía AASHTO publicada en 1993. La determinación de los espesores de losa se llevó a cabo por medio de ábacos o nomogramas que indica su metodología utilizando los resultados de los capítulos de Tránsito (ESAL's) y Estudio Geotécnico (Modulo Resiliente) que permitieron determinar el espesor de losa y el espesor de la base o subbase. También se incorporó la modulación de la losa en tableros con pasa juntas como lo indica la AASHTO-93.

Posterior se realizó la comprobación de los resultados obtenidos manualmente utilizando el software WinPAS 10 (1.0.4), donde finalmente se determina el espesor de la losa de concreto hidráulico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los objetivos específicos se muestran las conclusiones obtenidas al desarrollar cada capítulo propuesto en este documento, de igual manera se reflejan las recomendaciones necesarias acorde a cada conclusión establecida.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1	Introducción.	1
1.2	Antecedentes.	2
1.3	Justificación.	3
1.4	Objetivos.	4
1.4.1.	Objetivo General.	4
1.4.2.	Objetivos Específicos.	4

CAPÍTULO II

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.1.	Introducción	5
2.2.	Metodología	5
2.3.	Localización del proyecto	5
2.4.	Sistema de coordenadas	5
2.5.	Equipo topográfico	6
2.6.	Perfil longitudinal.....	6
2.7.	Secciones transversales del camino	7
2.8.	Levantamiento topográfico planimétrico.....	7
2.8.1.	Curvas horizontales	8
2.8.2.	Tramos rectos.....	9
2.9.	Altimetría del tramo.....	10
2.10.	Establecimiento de BMs	10
2.11.	Desarrollo de planos.....	11

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1.	Introducción	12
3.2.	Generalidades.....	12
3.3.	Procesamiento de información	12
3.4.	Análisis de la información obtenida	12
3.5.	Consolidado del conteo vehicular.....	13
3.6.	Procedimiento de campo	13
3.7.	Estación de conteo vehicular.....	13

3.7.1. Duración de conteo y clasificación vehicular.....	14
3.7.2. Tipos de vehiculos	14
3.7.3 Diagrama de cargas permisibles	15
3.7.4. Cálculo del Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS)	16
3.7.5. Cálculo del TPDA	18
3.7.6. Composición vehicular.....	23
3.8. Determinación de las tasas de crecimiento	24
3.8.1. Evolución del producto interno bruto (PIB).....	25
3.8.2. Evolución de los registros de población (POB)	26
3.8.3. Consolidado de las tasas de crecimiento.....	27
3.9. Selección de la tasa de crecimiento	28
3.10. Determinación del tránsito de diseño	28
3.10.1. Período de Diseño (PD)	28
3.10.2. Factor de crecimiento (Fc).....	29
3.10.3. Factor distribución por dirección (Fd).....	30
3.10.4. Factor distribución por carril (fc)	30
3.10.5. El índice de serviciabilidad inicial (P_0)	31
3.10.6. El índice de serviciabilidad final (P_t)	31
3.10.7. Número estructural asumido (SN)	31
3.10.8. Factor de equivalencia (FESAL).....	32
3.10.9. Ejes equivalentes (ESAL o W18)	34

CAPÍTULO IV

ESTUDIO GEOTÉCNICO

4.1. Introducción	36
4.2. Metodología	36
4.3. Sondeos manuales sobre la línea vial.....	37
4.3.1. Características geotécnicas de los suelos en la línea vial	38
4.3.2. Resumen los resultados de ensayos de laboratorio	42
4.4. Resultados de ensayos a bancos de préstamo	46
4.4.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar	48
4.4.2. Consideraciones para la subbase	48
4.5. Evaluación del Banco de préstamo N°1 propuesto para la capa base ..	49
4.6. Banco de préstamo N°1 propuesto para la capa subbase.....	49
4.7. Determinación del CBR de Diseño	52

4.7.1. CBR de la subrasante	52
-----------------------------------	----

CAPÍTULO V
DISEÑO GEOMÉTRICO

5.1. Introducción	57
5.2. Metodología	57
5.3. Ubicación geográfica de la vía.....	57
5.4. Clasificación funcional de la vía.....	57
5.5. Criterios de diseño	58
5.5.1. Vehículo de diseño	58
5.6. Criterios de diseño	59
5.6.1. Vehículo de diseño	59
5.7. Elementos de la sección transversal	60
5.7.1. Número de carriles	60
5.7.2. Ancho de carril de rodamiento.....	60
5.7.3. Corona o plataforma	60
5.7.4. Superficie de rodamiento.....	61
5.7.5. Pendiente transversal	61
5.7.6. Pendiente de hombro	61
5.8. Elementos de diseño	61
5.8.1. Distancia de visibilidad	61
5.9. Alineamiento horizontal	65
5.9.1. Coeficiente de fricción lateral (f)	66
5.9.2. Sobreelevación máxima	66
5.9.3. Radio mínimo.....	66
5.9.4. Grado de curva	67
5.9.5. Máxima pendiente relativa.....	68
5.9.6. Resultados de alineamiento horizontal	68
5.9.7. Peralte (ed)	72
5.9.8. Resultado de Peralte en Civil-3D	73
5.9.9. Sobre anchos en curvas.....	74
5.9.10. Resultado de Sobreancho en Civil-3D	75
5.10. Diseño altimétrico del proyecto.....	76
5.11. Alineamiento vertical en autodesk civil 3D	78

CAPÍTULO VI

DISEÑO DE PAVIMENTO

6.1. Introducción	83
6.2. Generalidades.....	83
6.3. Consideraciones del Diseño AASHTO 93.....	83
6.3.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL).....	83
6.3.2. Confiabilidad (R)	84
6.3.3. Desviación estándar (So)	85
6.3.4. Serviciabilidad o servicapacidad (Po, Pt, Δ PSI).....	86
6.3.5. Coeficiente de Drenaje (mi).....	86
6.3.6. Módulo de resiliente de la subrasante (Mr)	87
6.3.7. Coeficientes estructurales o de capa (a_n)	88
6.3.8. Números estructurales (SN)	91
6.4. Cálculo de los números estructurales (SN1, SN2, SN3).....	92
6.5. Cálculo de los espesores del pavimento base (D2) y subbase (D3).	95
6.5.1. Espesores finales de diseño.....	96
RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.	106
ANEXOS	I

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Coordenadas UTM del punto inicial y final del proyecto.	6
Tabla 2: Resultados de planimetría del eje principal.	7
Tabla 3: Resultados de planimetría del eje principal (rectas).	8
Tabla 4: Resultados de planimetría del eje principal (rectas).	9
Tabla 5: Consolidado de pendientes por estaciones.	10
Tabla 6: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes.	10
Tabla 7: Lista de BM's tramo: empalme Santa Rosa - La Laguna.	11
Tabla 8: Contenido de planos.	11
Tabla 9: Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS)/ambos sentidos.	16
Tabla 10: Vector geográfico de correspondencia.	18
Tabla 11: Porcentajes del volumen vehicular estación (ECD-114)	19
Tabla 12: Dependencia de estaciones (Shell Palacagüina-Emp. Yalagüina).	20
Tabla 13: factores /1 ^{er} cuatrimestre del año (EMC-1205)	21
Tabla 14: Calculo del TPDA, aplicando factores de ajuste (FD, FE).	22
Tabla 15: Registros históricos del TPDA-114, PIB, y POB.	24
Tabla 16: Evolución del TPDA ECD 114 Shell Palacagüina- Emp. Yalagüina.	25
Tabla 17: Tasas de crecimiento anual para PIB.	26
Tabla 18: Datos ECD-114 y tasas de crecimiento anual para población.	27
Tabla 19: Consolidado de las tasas de crecimiento calculadas.	27
Tabla 20: Clasificación funcional de la vía.	29
Tabla 21: Periodo de diseño (N).	29
Tabla 22: Factor de distribución por dirección (Fd).	30
Tabla 23: Factor de distribución por carril (fc).	30
Tabla 24: Tránsito de diseño.	31
Tabla 25: Factores de ejes kips a interpolar.	32
Tabla 26: Factores equivalente de carga a interpolar para ejes tándem.	33
Tabla 27: Cálculo ESAL'S por carril de diseño.	35
Tabla 28: Tipos de ensayos para estudio de suelos.	36
Tabla 29: Trabajos de campo realizados por EDICO.	37
Tabla 30: sondeos manuales.	37

Tabla 31: Sondeos del tramo (Est 0+000, 0+600), (SM-01, SM-07).	43
Tabla 32: Sondeos del tramo (Est 0+700, 0+1400), (SM-08, SM-15).	44
Tabla 33: Bancos de préstamos Identificados.	46
Tabla 34: Normativa para material base granular.	48
Tabla 35: Evaluación Banco N°1 para la capa base.	49
Tabla 36: Evaluación Banco N°2 para la capa subbase.	50
Tabla 37: Evaluación Banco N°2 para la capa subbase.	50
Tabla 38: Bancos Diseño seleccionados.	51
Tabla 39: Altura de corte y relleno de la subrasante.	53
Tabla 40: Ejemplo de toma de muestra en base a subrasante.	53
Tabla 41: Selección de CBR de diseño para la subrasante.	54
Tabla 42: Criterio del Instituto de asfalto para determinar CBR de Diseño.	55
Tabla 43: Clasificación del CBR.	55
Tabla 44: Sistema de clasificación funcional.	58
Tabla 45: Dimensiones del vehículo de diseño.	59
Tabla 46: Velocidad de ruedo promedio en base a velocidad de diseño.	60
Tabla 47: Coeficiente de fricción en función de la Velocidad.	62
Tabla 48: Distancia de Visibilidad parada en función de la Velocidad.	62
Tabla 49: Distancia de Adelantamiento para carreteras de dos carriles.	65
Tabla 50: Coeficiente de fricción lateral en función de la velocidad.	66
Tabla 51: La sobreelevación o peralte según tipo de área.	66
Tabla 52: Radios mínimos y grados máximos de Curvas.	67
Tabla 53: Máximas pendientes relativas.	68
Tabla 54: Datos generales de curvas horizontales.	71
Tabla 55: Niveles de confiabilidad r en función del tipo de carretera.	85
Tabla 56: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.	85
Tabla 57: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.	86
Tabla 58: Factores de Serviciabilidad.	86
Tabla 59: Capacidad del drenaje para remover la humedad.	87
Tabla 60: Niveles de humedad cercanos a la saturación.	87
Tabla 61: Correlación entre el CBR y módulo resiliente para sub-rasante.	88

Tabla 62: Espesores mínimos sugeridos por capa. _____	95
Tabla 63: Datos para utilizar en WinPAS versión 1.0.4. _____	98
Tabla 64: Datos técnicos de levantamiento. _____	VII
Tabla 65: Datos técnicos de levantamiento. _____	VIII
Tabla 66: Datos técnicos de levantamiento. _____	IX
Tabla 67: Datos técnicos de levantamiento. _____	X
Tabla 68: Datos técnicos de levantamiento. _____	XI
Tabla 69: Datos técnicos de levantamiento. _____	XII
Tabla 70: Datos técnicos de levantamiento. _____	XIII
Tabla 71: Datos técnicos de levantamiento. _____	XIV
Tabla 72: Datos técnicos de levantamiento. _____	XV
Tabla 73: Datos técnicos de levantamiento. _____	XVI
Tabla 74: Datos técnicos de levantamiento. _____	XVII
Tabla 75: Datos técnicos de levantamiento. _____	XVIII
Tabla 76: Datos técnicos de levantamiento. _____	XIX
Tabla 77: Datos técnicos de levantamiento. _____	XX
Tabla 78: Datos técnicos de levantamiento. _____	XXI
Tabla 79: Tabla de simbología. _____	XXII
Tabla 80: Formato para conteo de tránsito vehicular por 12 horas diurnas _	XXIII
Tabla 81: Conteo de Tránsito Vehicular Diurno semanal (lunes). _____	XXIV
Tabla 82: Composición vehicular del lunes/ ambos sentidos Est: 0+000. ____	XXV
Tabla 83: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (martes). _____	XXVI
Tabla 84: Volumen vehicular del martes/ ambos sentidos Est: 0+000. ____	XXVII
Tabla 85: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (miércoles). _____	XXVIII
Tabla 86: Volumen vehicular del miércoles/ ambos sentidos Est: 0+000. _	XXIX
Tabla 87: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (jueves). _____	XXX
Tabla 88: Volumen vehicular del jueves/ ambos sentidos Est: 0+000. ____	XXXI
Tabla 89: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (viernes). _____	XXXII
Tabla 90: Volumen vehicular del viernes/ ambos sentidos Est: 0+000. _	XXXIII
Tabla 91: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (sábado). _____	XXXIV
Tabla 92: Volumen vehicular del sábado/ ambos sentidos Est: 0+000. _	XXXV

Tabla 93: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (domingo).	_____	XXXVI
Tabla 94: Volumen vehicular del domingo / ambos sentidos Est: 0+000.	_	XXXVII
Tabla 95: Factores de ajustes para ECD-114 bajo la EMC-107.	_____	XXXVIII
Tabla 96: Indicadores macroeconómicos de PIB, POB.	_____	XXXIX
Tabla 97: Tipología y descripción vehicular de conteos de tránsito.	_____	XL
Tabla 98: Listado histórico TPDA ECD-114.	_____	XLI
Tabla 99: Crecimiento económico de Nicaragua año-2020.	_____	XLII
Tabla 100: Diagrama de cargas permisibles (vehículos livianos y pasajeros).		XLIII
Tabla 101: Diagrama de cargas permisibles (vehículos pesados).	_____	XLIII
Tabla 102: Factores equivalentes de cargas, ejes simples $P_t = 2.0$.	_____	XLIV
Tabla 103: Factores equivalentes de cargas, ejes tándem, $P_t = 2.0$.	_____	XLV
Tabla 104: Interpolación lineal para los valores (2.2, 4.4, 8.8) ejes simples.		XLVI
Tabla 105: Interpolación lineal (11, 17.60, 22) kips, ejes simples.	_____	XLVI
Tabla 106: Interpolación lineal (36.30) kips, eje tándem.	_____	XLVI
Tabla 107: Clasificación de suelos AASHTO M-145.	_____	XLVII
Tabla 108: Requerimientos de granulometría de subbase-base.	_____	XLVIII
Tabla 109: Propiedades fisicomecanica de los bancos de préstamos.	___	XLIX
Tabla 110: Ensayos desgaste de los ángeles, banco N°1 Adolfo Benavides.	__	LI
Tabla 111: Ensayos desgaste de los ángeles, banco N°2 Bayardo Hurtado.	_	LIII
Tabla 112: Muestras tomadas en base a la subrasante propuesta en planos.		LIV
Tabla 113: Muestras tomadas en base a la subrasante propuesta en planos.	_	LV
Tabla 114: Distribución de peralte para cada uno de los radios presentados.		LVII
Tabla 115: Sobre anchos en curvas.	_____	LVIII

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen 1: Ubicación del aforo vehicular. _____	13
Imagen 2: Ubicación de bancos de materiales existentes. _____	47
Imagen 3: Detalles de peralte de Curva # 8(PI 8). _____	73
Imagen 4: Resultado de Peralte Curva # 8(PI 8). _____	74
Imagen 5: Resultado de sobreancho (curva no. 8). _____	75
Imagen 6: Herramienta de creación de perfiles. _____	78
Imagen 7: creación de nuevo perfil (Rasante). _____	78
Imagen 8: Herramientas de composición de perfil. _____	79
Imagen 9: Curvas verticales trazadas. _____	79
Imagen 10: Curva vertical CV-11 (cresta). _____	80
Imagen 11: Curva vertical CV-13 (columpio). _____	81
Imagen 12: Alineamiento vertical. _____	82
Imagen 13: Coeficientes de capa para la estructura de pavimento. _____	89
Imagen 14: Comprobación del SN_3 . _____	94
Imagen 15: Comprobación del SN_2 . _____	94
Imagen 16: Estructura Final de Pavimento. _____	97
Imagen 17: Software de diseño WinPAS. _____	98
Imagen 18: Selección del tipo de pavimento a diseñar. _____	99
Imagen 19: Introducción de datos en WinPAS. _____	99
Imagen 20: Cálculo de SN requerido en WinPAS. _____	100
Imagen 21: SN requerido. _____	100
Imagen 22: Introducción de layers de diseño. _____	101
Imagen 23: Estructura final WinPAS-10. _____	102
Imagen 24: Estructura final de pavimento articulado. _____	102
Imagen 25. Macro Localización Nicaragua (Departamento de Estelí). _____	I
Imagen 26. Micro localización del tramo en estudio. _____	II
Imagen 27: Banco de préstamo n°1 Adolfo Benavides _____	L
Imagen 28: Banco de préstamo N°2 Bayardo Hurtado. _____	LII
Imagen 29: Vehículo de diseño (C3). _____	LVI
Imagen 30: Características del adoquín tipo tráfico. _____	LIX

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1: Rango de radios de curvatura predominantes. _____	8
Gráfico 2: Rango de rectas predominantes. _____	9
Gráfico 3: Comportamiento del Tránsito Promedio Diurno Semanal por día. __	17
Gráfico 4: Composición del Tránsito Promedio Diurno semanal por vehículo. _	17
Gráfico 5: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). _____	23
Gráfico 6: Estratigrafía (Est 0+00-1+400), sondeos (S-1, al S-15)._____	45
Gráfico 7: Estimación del CBR de diseño. _____	56
Gráfico 8: Coeficiente estructural a_2 , para base granular. _____	90
Gráfico 9: Coeficiente estructural a_3 , para subbase granular. _____	91
Gráfico 10: Obtención del número estructural SN_2 y SN_3 . _____	93



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción.

Estelí departamento de Nicaragua está situado en la Región Las Segovias y está compuesto por seis municipios: Estelí, Condega, La Trinidad, Pueblo Nuevo, San Juan de Limay y San Nicolas. posee una población estimada de 228,766 habitantes. Su extensión territorial es de 2,229.69 km². **(Ver Anexos Imagen 25 pág. I)**. Sus vías poseen 120.91 Kilómetros de adoquín, 72.46 kilómetros de Asfalto, 225.86 kilómetros de revestimiento con Macadán (MTI, Red Vial, 2020).

El proyecto en análisis pertenece al municipio de Condega este a su vez al departamento de Estelí y se encuentra a 185.8 kilómetros de Managua, capital de la República de Nicaragua (Centroamérica). Esta red vial es de significativa importancia, ya que, comunica con otras comunidades aledañas como (Venecia, Canta Gallo y Las Limas), así como a diferentes fincas cafetaleras altamente productivas, por lo que es necesario una vía en buen estado para el traslado de personas y rubros producidos en la zona. **(Ver anexos, Imagen 26, págs. II)**.

El tramo es estudio contemplara la realización del diseño geométrico y espesores de la estructura de pavimento articulado, este pretende comunicar a la comunidad la Laguna con el tramo de carretera Yalí-Condega sobre la Nic-3 situado a 15 kilómetros del casco urbano del municipio de Condega. La propuesta contribuirá al desarrollo de la comunidad además de potenciar el comercio y mejorar en gran medida la calidad de vida de los habitantes.

Esta monografía abordará estudios técnicos como levantamientos de datos de campo, para los capítulos de topografía, tránsito, geotecnia, así como el diseño geométrico de la vía, posterior se procesará la información bajo la metodología de la AASHTO-93, la cual toma en consideración el valor de soporte del suelo, así como las cargas a la cual se diseñara la vía, el diseño cumplirá con las especificaciones generales de la NIC-2019, esta incorpora parámetros y correlaciones para realizar un diseño confiable y duradero, dicho diseño se apegará a las especificaciones del Manual Centro Americano para el Diseño de Pavimento (SIECA, 2002) y (SIECA, 2011).

1.2 Antecedentes.

La comunidad La Laguna se fundó en el año 1974, doce años después de haberse creado el municipio de Condega, los primeros proyectos de desarrollo en la comunidad fueron el suministro de agua potable realizados por la población misma con la excavación de cinco pozos a mano de los cuales extraían el vital líquido de forma manual, así como de manantiales propios de la zona, de los cuales los primeros habitantes sustentaban sus necesidades diarias. (Alcaldía, 2022).

Posterior en el año 2008 el gobierno de reconciliación nacional financió la realización de doce mini acueductos por gravedad de los cuales los pobladores fueron protagonistas, así como otras comunidades cercanas al tramo en estudio, abasteciendo a más de 1,800 personas.

Actualmente los pobladores cuentan con el suministro de energía eléctrica proyecto realizado en el año 2016 por la empresa ENEL en coordinación con la alcaldía municipal de Condega. El proyecto consistió en la electrificación de 480 viviendas beneficiando a todos los habitantes del sector, además de la instalación de bombas eléctricas de succión para los pozos existentes. (Alcaldía, 2022).

Según la líder comunitario Felipe Castillo, (Comunicación personal, de julio de 2022) en los años setenta la comunidad era una finca la que tenía por nombre La Laguna con una extensión equivalente a 34 hectáreas, en sus inicios solo existían ocho (8) casas las cuales estaban distanciadas unas a otra, la propiedad pertenecía al ganadero Tobías Valenzuela, poco después la propiedad fue lotificada para la venta de lotes a bajos costos.

Los últimos huracanes Iota, Ian y Julia deterioraron la superficie de rodamiento por lo cual la plataforma vial no posee un nivel de serviciabilidad adecuado para desplazarse a los diferentes destinos, por lo cual es imperativo contar con un diseño que permita realizar la gestión de fondos para dar respuesta a esta problemática. El último mantenimiento realizado en la zona fue en el mes de enero año 2018. **(Ver anexos, Fotos 1-8, págs. III-VI).**

1.3 Justificación.

El presente estudio es de vital importancia para el desarrollo socioeconómico de la comunidad y el municipio, ya que, la principal actividad económica es agrícola predominando el cultivo de café, granos básicos y tabaco. Este último abastece a las diferentes fabricas procesadoras de tabaco de Condega y departamento de Estelí. Por lo que contar con una red vial en buenas condiciones para el traslado de esos rubros e insumos es de carácter prioritario para sus habitantes, además de ser una ruta que comunica con diferentes comunidades como: Venecia, El Quebracho, Canta Gallo, El Zapote, y las Limas.

La iniciativa de realizar el diseño geométrico y estructural de la superficie de rodamiento de la comunidad La Laguna es contribuir con un estudio que satisfaga la demanda de la población, el cual mejore las condiciones de tránsito, seguridad y confort de sus habitantes cumpliendo con las normas y especificaciones técnicas para el cual será diseñado.

Es importante mencionar que el tramo en estudio comunica a la reserva natural “Canta Gallo” en la cual hay una afluencia considerable de turistas tanto local como internacional por lo que de realizarse este proyecto se aumentaría su visita maximizando nuevas oportunidades de empleo, así como la venta de productos locales.

El enfoque de este estudio y su aportación al conocimiento tiene un enfoque dinámico para futuras investigaciones a nivel académico, ofrecerá a estudiantes un material de consulta que les permitirá obtener instrucciones de los procedimientos de análisis y criterios de diseño aplicados en este estudio.

Al ejecutarse este proyecto se estará contribuyendo a crear las condiciones necesarias para garantizar una serviciabilidad adecuada a los diferentes usuarios y protagonistas del área de influencia, además de un notable incrementando en la plusvalía de las viviendas, aumentando la calidad de vida de los habitantes. La población directa beneficiada será de 962 habitantes, e indirectamente a 2100 de comunidades aledañas.

1.4 Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar geométricamente el tramo y la estructura de pavimento articulado de 1.4 kilómetros, empalme Santa Rosa- comunidad la Laguna, ubicado en el municipio de Condega, departamento de Estelí, por el método de AASHTO-93, 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Realizar el levantamiento topográfico que permita la representación altiplanimétrica del tramo, utilizando el Software Civil 3D 2022, para la definición del tipo de terreno.
- Calcular el Tránsito Promedio Diario Anual, cargas actuales y futuras por medio de un aforo vehicular manual, utilizando el anuario de aforos de tráfico año 2020.
- Analizar el estudio geotécnico existente del tramo, realizado por Ingeniería Geotécnica (INGENICA), así como de los bancos de materiales locales, para el diseño de la estructura de pavimento articulado.
- Diseñar geométricamente el tramo en estudio, aplicando el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreras, SIECA 2011, empleando el Software Civil 3D 2022.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado, aplicando el método de la AASHTO-93 y Software WinPAS 10 (1.0.4), para su comprobación.



CAPÍTULO II

ESTUDIO TOPOGRÁFICO



UNÍ RUACS - 2023

2.1. Introducción

La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante, es plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, en el ámbito rural ó natural, de la superficie terrestre; en el ámbito urbano, es la descripción de los hechos existentes en un lugar determinado: muros, edificios, calles, entre otros.

2.2. Metodología

El levantamiento topográfico del tramo de 1.47 kilómetros de longitud, se realizó en conjunto con la alcaldía de Condega (área de planificación urbana), iniciando en el empalme Santa Rosa (**Estación 0+000**), hasta finalizar en la Comunidad La Laguna (**Estación 1+470**).

El procedimiento utilizado para el levantamiento fue el método de perfil longitudinal y secciones transversales considerando que es el más adecuado para carreteras. Este levantamiento nos permitió conocer las condiciones actuales del terreno, así como su altimetría y planimetría con lo que se obtuvo una descripción exacta de la zona en cuanto a relieve y detalles a escala en el tramo en estudio. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el software Autodesk Civil 3D 2022.

2.3. Localización del proyecto

El tramo en estudio está localizado en municipio de Condega, del departamento de Estelí. Ver macro localización y micro localización que se muestra en **Anexos, Imagen 25-26, pág. I-II**.

2.4. Sistema de coordenadas

Todas las coordenadas establecidas corresponden a un sistema escalado UTM WGS84 (Universal Transversal Mercator/ World Geodetic System 1984), las mediciones fueron realizadas con Estación Total (Leica TS06), este sistema es usado mundialmente, este permite localizar cualquier punto de la tierra por medio de tres unidades dadas (x= Este, y=norte, z=elevación).

Tabla 1: Coordenadas UTM del punto inicial y final del proyecto.

Punto LC No.	Estación	Sistema de Coordenadas UTM WGS84		
		Este (X)	Norte (Y)	Elevación (Z)
*PI	0+000	576,799.507	1,482,397.12	379.29 msnm***
"Comunidad La Laguna"				
**PF	1+470	577,307.565	1,482,367.55	499.04 msnm
Observación: * PI: Punto Inicial. ** PF: Punto Final. *** msnm: metros sobre el nivel del mar.				

Fuente: Elaborado por sustentantes.

2.5. Equipo topográfico

Los trabajos correspondientes al levantamiento topográfico se realizaron en un lapso de 2 días, lo cual fue realizado a partir de la brigada de topografía estructurada por 4 personas:

- Operador de aparato eléctrico (1).
- Ayudante de topografía (2).
- Apuntador (1).

Equipo Topográfico utilizado:

- Estación total (SOKKIA SET 620 K).
- Trípode (1).
- Bastón (1).
- Prisma 30 mm (1).
- Spray (2).
- Cinta métrica (20metros).

2.6. Perfil longitudinal

Se siguió la metodología de levantar puntos iniciando en el punto número (estación 0+000), uno en el eje del camino tomando los datos en secciones transversales a una distancia de 20 metros entre una y otra incluyendo por radiaciones para la infraestructura existente. En **anexos**, se presentan los resultados del levantamiento topográfico para el proyecto en análisis (**Tablas 64-79, pág. VII-XXII**).

2.7. Secciones transversales del camino

Apoyándose en los puntos de la poligonal base se procedió al levantamiento altiplanimétrica de las secciones transversales cada 20 metros. De igual manera para el levantamiento de la infraestructura existente (casas, postes de teléfono y energía, árboles, escuelas, etc.) se utilizó los puntos de la Poligonal Base como amarre de coordenadas.

2.8. Levantamiento topográfico planimétrico

Basados en el levantamiento topográfico, el tramo presenta una geometría planimétrica poco sinuosa con curvas horizontales con radios de curvatura en su mayoría mayores a 100 metros. El eje principal de 1.47 Kilómetros está compuesto por 16 curvas horizontales (P1-P16) y 17 tramos rectos (L1-L17).

Tabla 2: Resultados de planimetría del eje principal.

EJE PRINCIPAL					EJE PRINCIPAL				
N°	Radio	Longitud	Rumbo	Estacion	N°	Radio	Longitud	Rumbo	Estacion
L1		42.82	N47° 05' 51.55"E	0+000.00	L11		13.85	N26° 31' 32.79"E	1+005.01
Pi:1	150.00	92.94	N29° 20' 50.87"E	0+042.82	Pi:11	200.00	27.33	N30° 26' 26.91"E	1+018.86
L2		18.48	N11° 35' 49.80"E	0+135.76	L12		14.59	N34° 21' 21.04"E	1+046.19
Pi:2	1000.00	72.94	N9° 30' 27.56"E	0+154.24	Pi:12	200.00	27.38	N30° 25' 59.86"E	1+060.78
L3		59.12	N7° 25' 05.33"E	0+227.18	L13		12.19	N26° 30' 38.69"E	1+088.17
Pi:3	500.00	56.78	N10° 40' 17.10"E	0+286.30	Pi:13	200.00	26.62	N30° 19' 25.81"E	1+100.36
L4		56.33	N13° 55' 28.87"E	0+343.08	L14		69.44	N34° 08' 12.94"E	1+126.98
Pi:4	1000.00	36.88	N12° 52' 05.34"E	0+399.41	Pi:14	70.00	30.36	N21° 42' 42.15"E	1+196.42
L5		192.68	N11° 48' 41.81"E	0+436.29	L15		47.95	N9° 17' 11.37"E	1+226.78
Pi:5	100.00	25.55	N4° 29' 29.35"E	0+628.97	Pi:15	90.00	75.96	N33° 27' 51.83"E	1+274.73
L6		26.46	N2° 49' 43.12"W	0+654.53	L16		38.92	N57° 38' 32.29"E	1+350.69
Pi:6	70.00	42.54	N14° 34' 59.22"E	0+680.99	Pi:16	200.00	45.16	N64° 06' 39.31"E	1+389.61
L7		45.23	N31° 59' 41.56"E	0+723.54	L17		34.13	N70° 34' 46.34"E	1+434.77
Pi:7	100.00	79.48	N9° 13' 34.17"E	0+768.77	RECTAS (L1-L17) = 730.864 m (49.72%). CURVAS (R1-R16) = 739.163 m (50.28%).				
L8		28.22	N13° 32' 33.22"W	0+848.25					
Pi:8	50.00	43.77	N11° 32' 00.87"E	0+876.46					
L9		14.54	N36° 36' 34.97"E	0+920.23					
Pi:9	150.00	27.14	N41° 47' 36.40"E	0+934.77					
L10		14.54	N46° 58' 37.83"E	0+961.91					
Pi:10	80.00	28.56	N36° 45' 05.31"E	0+976.45					

Fuente: Autodesk Civil- 3D (2022).

2.8.1. Curvas horizontales

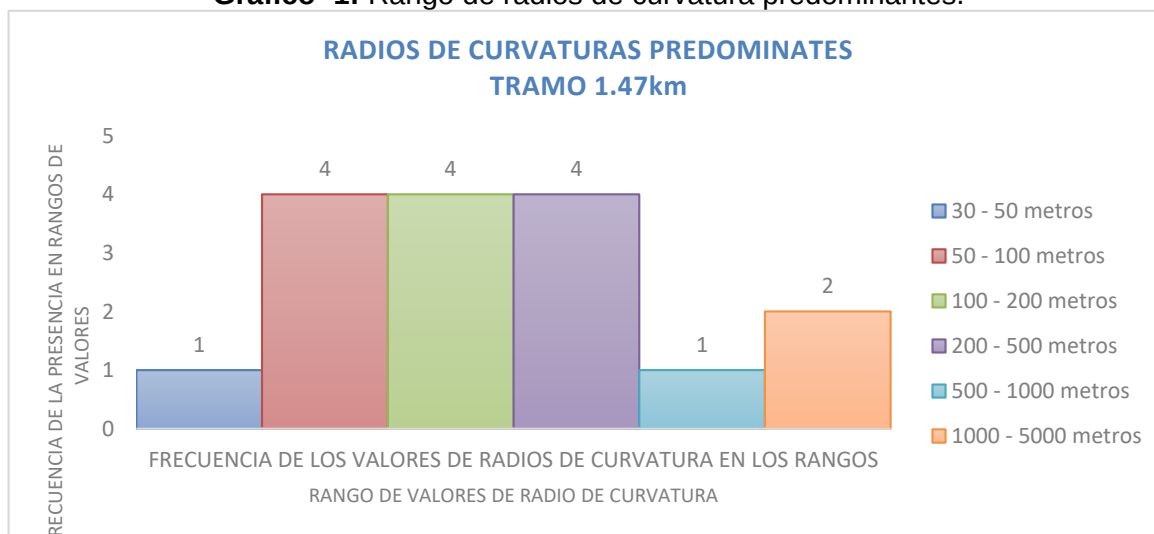
En el tramo existen 16 curvas horizontales identificadas de las cuales 5 poseen radios menores a 100 metros y 8 poseen radios entre 100 y 500 metros. El radio de curvatura de mayor importancia se ubicada entre las estaciones **0+876.464** y **0+918.846**, con un Radio de **47 metros** y una longitud de **42.382 metros**, los datos de cada curva se presentan en Tabla 3-Grafico 1, pág. 8.

Tabla 3: Resultados de planimetría del eje principal (rectas).

PI	EST PI	EST PC	EST PM	EST PT	R	Lc
1	0+090.840	0+042.824	0+088.555	0+134.285	150.00	91.461
2	0+190.730	0+154.245	0+190.706	0+227.166	1000.00	72.921
3	0+314.720	0+286.299	0+314.674	0+343.049	500.00	56.750
4	0+417.860	0+399.418	0+417.857	0+436.296	1000.00	36.878
5	0+641.820	0+628.974	0+641.716	0+654.457	100.00	25.483
6	0+702.940	0+680.988	0+701.935	0+722.881	70.00	41.893
7	0+810.740	0+768.768	0+807.469	0+846.170	100.00	77.402
8	0+899.860	0+876.464	0+897.655	0+918.846	50.00	42.382
9	0+948.560	0+934.952	0+948.505	0+962.057	150.00	27.105
10	0+991.060	0+976.629	0+990.831	1+005.033	80.00	28.404
11	1+032.730	1+019.043	1+032.699	1+046.354	200.00	27.311
12	1+074.680	1+060.966	1+074.648	1+088.329	200.00	27.363
13	1+113.870	1+100.540	1+113.841	1+127.141	200.00	26.601
14	1+212.030	1+196.607	1+211.669	1+226.730	70.00	30.123
15	1+315.320	1+274.914	1+311.776	1+348.637	90.00	73.723
16	1+412.740	1+390.064	1+412.596	1+435.128	200.00	45.064

Fuente: Autodesk Civil- 3D (2022).

Gráfico- 1: Rango de radios de curvatura predominantes.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

2.8.2. Tramos rectos

Se identificaron 17 tramos rectos a lo largo del tramo, de los cuales la recta de mayor importancia se ubicada entre las estaciones **0+436.296** y **0+628.974**, con una longitud de **192.678 metros**, los datos de cada recta se presentan en la Tabla 4- Gráfico 2:

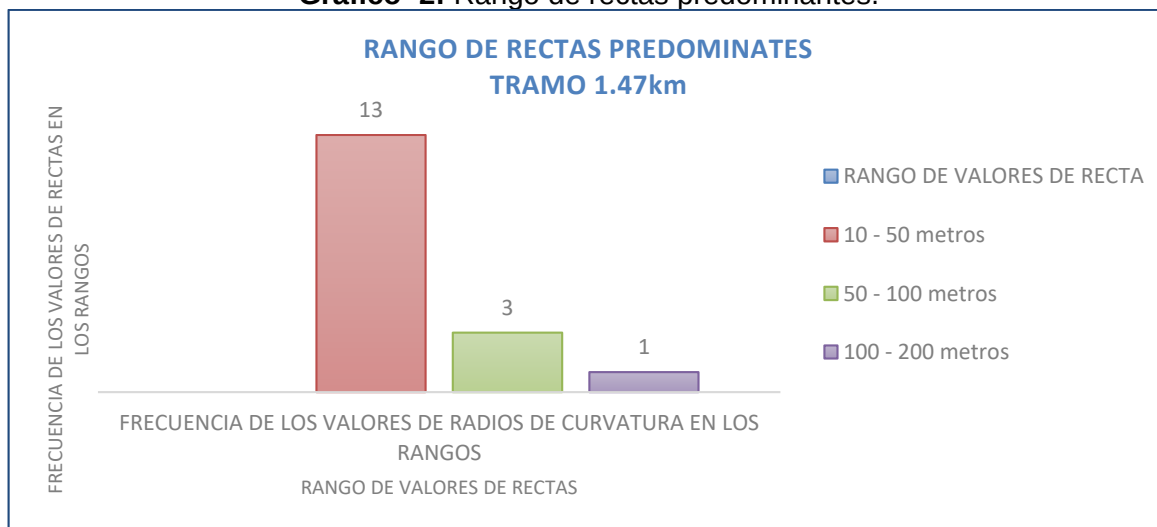
Tabla 4: Resultados de planimetría del eje principal (rectas).

<i>N°</i>	<i>LR (Metros)</i>	<i>EST. INICIAL</i>	<i>EST. FINAL</i>
1	42.824	0+000.000	0+042.824
2	19.960	0+134.285	0+154.245
3	59.133	0+227.166	0+286.299
4	56.369	0+343.049	0+399.418
5	192.678	0+436.296	0+628.974
6	26.531	0+654.457	0+680.988
7	45.887	0+722.881	0+768.768
8	30.294	0+846.170	0+876.464
9	15.926	0+918.846	0+934.772
10	14.572	0+961.877	0+976.449
11	14.010	1+004.853	1+018.863
12	14.612	1+046.174	1+060.786
13	12.211	1+088.149	1+100.360
14	69.456	1+126.961	1+196.417
15	48.194	1+226.540	1+274.734
16	41.157	1+348.457	1+389.614
17	35.322	1+434.678	1+470.000

LR=Longitud de Recta. EST= Estación.

Fuente: Autodesk Civil- 3D (2022).

Gráfico- 2: Rango de rectas predominantes.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

2.9. Altimetría del tramo

El tramo de proyecto del Empalme Santa Rosa-comunidad La Laguna, se encuentra enmarcado en una zona que se caracteriza por ser del tipo de terreno **ondulado**, destacando las pendientes entre 10-15%.

Tabla 5: Consolidado de pendientes por estaciones.

<i>N°</i>	<i>INICIO</i>	<i>FIN</i>	<i>PENDIENTE</i>	
1	0+000.00	0+041.45	7.33 %	+
2	0+041.45	0+091.63	11.01%	+
3	0+091.63	0+190.77	8.32%	+
4	0+190.77	0+308.54	9.09%	+
5	0+308.54	0+456.30	4.71%	+
6	0+456.30	0+579.23	12.00%	+
7	0+579.23	0+663.17	8.49%	+
8	0+663.17	0+890.06	14.37%	+
9	0+890.06	1+015.94	11.24%	+
10	1+015.94	1+193.92	11.64%	+
11	1+193.92	1+311.55	11.97%	-
12	1+311.55	1+470.00	0.50%	-

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 6: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes.

<i>Tipo de terreno</i>	<i>Rango de pendientes (%)</i>
<i>Llano o Plano</i>	$P \leq 5$
<i>Ondulado</i>	$5 > P \leq 15$
<i>Montañoso</i>	$15 > P \geq 30$

Fuente: SIECA-2011(Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, p. 33).

2.10. Establecimiento de BMs

En la **Tabla No.7, p.11**, se muestran todos los resultados obtenidos luego del postproceso de los datos recopilados durante la georreferenciación en el sistema de coordenadas geográfico WGS84 (sistema nacional vigente) y su proyección al sistema UTM.

Tabla 7: Lista de BM's tramo: empalme Santa Rosa - La Laguna.

ID	Estación	Norte	Este	Elevación
1	0+022	1,482,409.599	576,819.787	380.751
2	0+137	1,482,504.564	576,879.595	389.937
3	0+311	1,482,678.957	576,897.169	404.375
4	0+397	1,482,761.875	576,926.188	409.269
5	0+685	1,483,046.941	576,979.999	436.212
6	0+794	1,483,144.955	577,011.322	452.940
7	0+980	1,483,305.327	577,066.544	479.892
8	1+124	1,483,436.929	577,130.993	497.360
9	1+209	1,483,501.465	577,185.670	502.850
10	1+312	1,483,608.891	577,200.658	509.330
11	1+432	1,483,674.728	577,302.729	499.261

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Alcaldía de Condega (2022).

Los detalles de la referenciación de BM's se muestran en Anexos/planos (lamina 21-22).

2.11. Desarrollo de planos

En el juego de planos constructivos se incluyen hojas que contienen planta-perfil, secciones transversales, detalles constructivos típicos de adoquinado, sondeos y estratigrafía. Para las secciones trasversales se utilizó la escala (1:200) y para Planta-Perfil (Horizontal 1:1000, Vertical 1:100). Todo ello fue editado en el software Autodesk Civil-3D 2022 y se presentan en 26 láminas formato tabloide, el contenido es el siguiente:

Tabla N° 8: Contenido de planos.

Contenido de Planos	N° laminas
I. Portada.	1
II. Planta-Perfil.	5
III. Perfil longitudinal	4
IV. Secciones transversales.	12
V. Sección típica vial.	1
VI. Detalles típicos / Estudios de suelo.	1
VII. Referenciación de BM's	2

Fuente: Elaborado por sustentantes.



CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO



UNÍ RUACS - 2023



3.1. Introducción

La ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de Transporte. Siendo la ingeniería de tránsito un conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, prácticas profesionales principios y valores necesarios para satisfacer las necesidades sociales sobre movilidad de personas y bienes.

3.2. Generalidades

Este capítulo tuvo como objetivo estimar las cargas equivalentes de cada vehículo que circula por el tramo y que actuaran en la estructura de pavimento articulado (adoquín) durante un periodo de diseño, en función de los volúmenes que circulan por la vía. Para finalmente dar cumplimiento con el alcance de dicho estudio. Para ello se realizaron ciertas actividades que consistieron en la recopilación de datos de campo in situ, con la finalidad de cuantificar el volumen de tráfico que es usuario actual del tramo en estudio en ambos sentidos del flujo.

Metodología del estudio

3.3. Procesamiento de información

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual se procesó toda la información obtenida de los conteos de aforo vehicular mediante el Software Microsoft Excel, esto con la finalidad de simplificar los procedimientos de cálculo, basados esto en la Revista Anuario de Tránsito del Ministerio de Transporte 2020.

3.4. Análisis de la información obtenida

En esta etapa se usó los criterios del Anuario de Aforos de Tráfico año 2020 y el libro de Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones del Ing. Rafael Cal y Mayor año 2017, para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

3.5. Consolidado del conteo vehicular

De la información obtenida en los conteos, se determinó el volumen de tránsito vehicular diurno a partir de los datos levantados en campo. En la **Tabla-9, pág. 16** se presentan los conteos del tránsito, según su composición y clasificación. **Ver Anexos, Tabla 81-94 pág. XXIV, XXXVII**

3.6. Procedimiento de campo

Antes de realizar el aforo vehicular se estudió la clasificación vehicular de conformidad al anuario de aforos de tráfico del MTI-2020. También se hizo uso de chaleco reflectivo y cono como dispositivo de seguridad.

3.7. Estación de conteo vehicular

La recolección de los datos de campo para determinar el volumen de vehículos se ubicó en la estación: **0+000 inicio del tramo**. La elección de este punto se basó en que es el único acceso vehicular hacia la comunidad, en el cual se pudo captar el 100%, de los vehículos que ingresaban por dicho tramo. Sus coordenadas geográficas son: Norte: 13°24'29.9", Oeste: 86°17'26.3". Ver a continuación:

Imagen- 1: Ubicación del aforo vehicular.



Fuente: <https://earth.google.com/web/search/santa+rosa+condega/@13.41292711,-86.28724588,928.43846425a,2445.22245505d,35y>

3.7.1. Duración de conteo y clasificación vehicular

La recolección de datos de campo tuvo una duración de siete (7) días consecutivos, en las fechas del lunes 07 hasta al 13 de noviembre del año 2022, entre las 06:00 horas y las 18:00 horas, a fin de evaluar las condiciones de tránsito normales, basándonos para esto en la Tipología y Descripción Vehicular que brinda la Revista Anuario de Tránsito del Ministerio de Transporte 2020. Para realizar el aforo, se utilizó el formato mostrado en el **Anexos, Tabla 80, pág. XXIII**

3.7.2. Tipos de vehículos

Para el levantamiento de la información de campo fue necesario tener en consideración las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el Ministerio de Transporte e Infra-Estructura MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, los que se clasifican en tres categorías. **(Ver Anexos, Tabla 97, pág. XL)**

➤ Motocicletas

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

➤ Vehículos livianos

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups 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, presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

3.7.3 Diagrama de cargas permisibles

En el diseño de carreteras tanto en geometría horizontal y vertical, así como en aspectos estructurales es necesario conocer la intensidad de carga, composición y distribución del tránsito. El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha determinado los límites de carga por tipo de vehículos según su peso y dimensiones. **(Ver Anexos, Tablas 100-101, pág. XLIII,)**

A continuación, se procedió a realizar el cálculo del tránsito promedio diurno semanal (TPDiS), considerando los conteos volumétricos obtenidos en la estación 0+000 (inicio del tramo). **Ver Tabla:9 pág. 16**

3.7.4. Cálculo del Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS)

Para el cálculo del Tránsito promedio Diurno semanal (TPDiS), se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularon en ambas direcciones de la vía, durante un período de tiempo específico (7 días).

Para determinar el (TPDiS) fue necesario aplicar la **ecuación 1**:

$$TPDiS = \frac{\text{Total Diurno}}{7 \text{ días}} \quad \text{Ec. 1}$$

Tabla 9: Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS)/ambos sentidos.

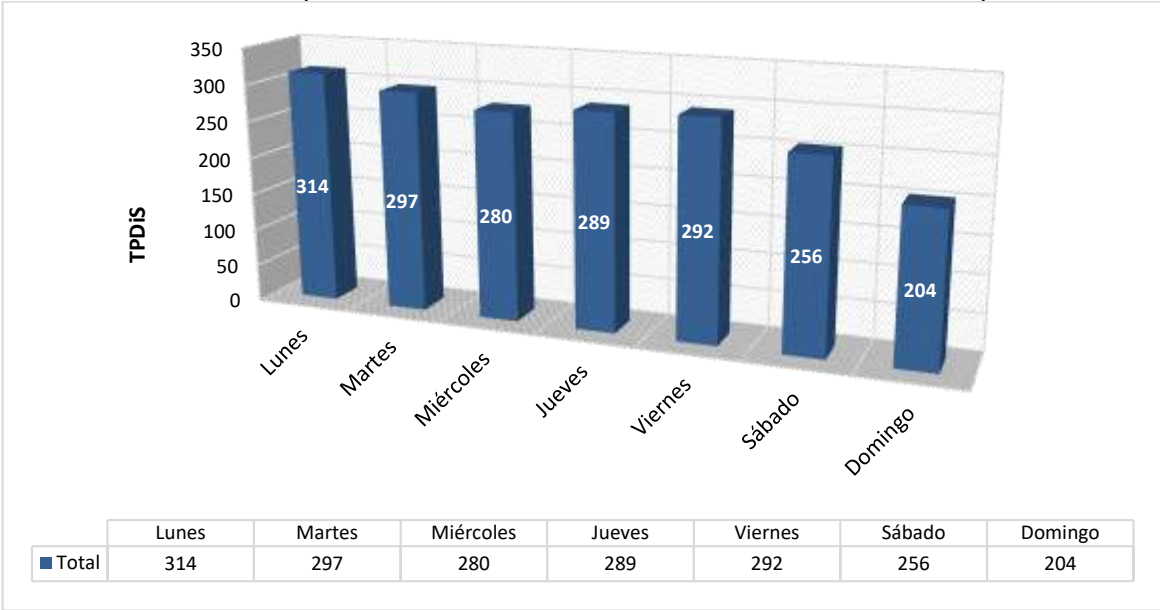
ESTACIÓN: Est: (0+000) ambos sentidos de la vía											
Días	Vehículos de Pasajeros					Vehículos de Carga					TOTAL
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
Lunes	109	20	24	84	9	4	4	23	24	13	314
Martes	101	16	15	79	14	7	4	30	22	9	297
Miércoles	94	9	18	82	12	4	4	35	17	5	280
Jueves	108	17	22	68	8	6	4	25	25	6	289
Viernes	102	13	17	85	9	5	4	29	17	11	292
Sábado	90	9	12	81	6	7	4	21	15	11	256
Domingo	75	6	7	82	2	4	0	11	11	6	204
Total	679	90	115	561	60	37	24	174	131	61	1932
TPDiS (Vehículos/12 hrs)	97.0	13.0	16.0	80.0	9.0	5.0	3.0	25.0	19.0	9.0	276
% de vehículos	35.14%	4.71%	5.80%	28.99%	3.26%	1.81%	1.09%	9.06%	6.88%	3.26%	100%
Composición	74.64%					25.36%					100%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Al finalizar el conteo de 7 días consecutivos durante 12 horas diurnas en la estación de conteo **0+000 (inicio del tramo)** y posterior realizar el consolidado en Microsoft Excel se obtuvo un tránsito promedio Diurno semanal de TPDiS: 276 vpd

Se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno semanal (TPDiS), de igual manera otro Gráfico donde se muestra su composición vehicular en periodo de 7 días y 12 horas diurnas. **(Ver gráfico a continuación).**

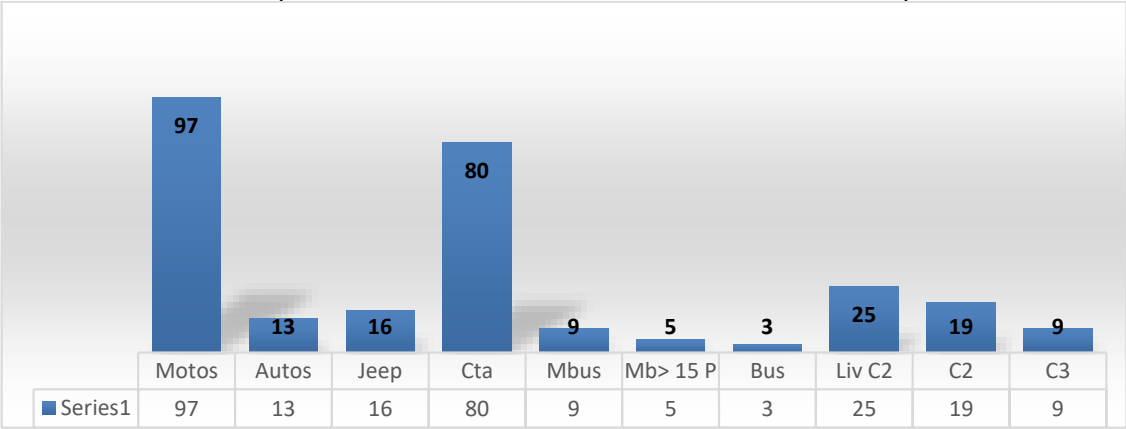
Gráfico- 3: Comportamiento del Tránsito Promedio Diurno Semanal por día.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En el **Gráfico-3** se presenta el comportamiento del tránsito vehicular diurno semanal, donde se aprecia que los días con mayor volumen vehicular es el lunes seguido del martes y en menor cantidad el sábado y domingo.

Gráfico- 4: Composición del Tránsito Promedio Diurno semanal por vehículo.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En el **Gráfico-4** **pág. 17** se aprecia claramente, el comportamiento de la composición vehicular predominando los Vehículos Livianos (motos, autos, camionetas, jeep) seguido de los vehículos pesados (Liv C2, C2, C3), y en menor cantidad los vehículos de pasajeros (bus, micro bus>15p).

3.7.5. Cálculo del TPDA

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) fue necesario usar factores de ajustes diarios y de expansión, obtenidos del Anuario de Aforos de Tráfico del MTI año 2020, publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura–DAV. Para expandir (TPDiS_{12 hrs} a TPDA), se consideró utilizar una estación de conteo adecuada 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).

Según el anuario tráfico-2020 del MTI el vector geográfico para el tramo de estudio municipio de Condega, corresponde a la región central norte entre ellos encontramos los departamentos (Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega).

Tabla 10: 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 Tráfico 2020. MTI, *pág. 15 pdf*

Se seleccionó la estación de corta duración **ECD N° 114 Shell Palacagüina-Emp. Yalagüina** la cual se encuentra situado en el departamento de Estelí y está a su vez está bajo la dependencia de la estación de mayor cobertura la EMC-107 Sébaco-Emp. San Isidro.

La elección de la estación seleccionada de corta duración (ECD-114 Shell Palacagüina- Emp. Yalagüina) se sustenta en base a los vectores de correspondencia metodología del anuario de aforos del MTI-2020, la estación se encuentra en la región central norte y los porcentajes de flujo vehicular que presenta son similares a los porcentajes de los conteos de campo del tramo en estudio. Ver tabla a continuación

Tabla 11: Porcentajes del volumen vehicular tramo en estudio y estación seleccionada (ECD-114)

Estacion: Em Santa Rosa - comunidad La Laguna Est: (0+000)																								
Días		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros				Pesados de Carga				TOTAL										
		Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3													
Lunes		109	20	24	84	9	4	4	23	24	13	314												
Martes		101	16	15	79	14	7	4	30	22	9	297												
Miércoles		94	9	18	82	12	4	4	35	17	5	280												
Jueves		108	17	22	68	8	6	4	25	25	6	289												
Viernes		102	13	17	85	9	5	4	29	17	11	292												
Sábado		90	9	12	81	6	7	4	21	15	11	256												
Domingo		75	6	7	82	2	4	0	11	11	6	204												
Total		679	90	115	561	60	37	24	174	131	61	1932												
TPDS(Vehículos/12 hrs)		97.0	13.0	16.0	80.0	9.0	5.0	3.0	25.0	19.0	9.0	276.0												
Porcentajes %		35.14%	4.71%	5.80%	28.99%	3.26%	1.81%	1.09%	9.06%	6.88%	3.26%	100.00%												
		74.64%				25.36%																		
N°	CODIGO NIC	EST.	TRD	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	
18	NIC-1	114	ECD	Shell Palacagüina - Emp. Yalagüina	2020	969	739	111	724	35	6	113	174	176	124		280			2	2	7	3.462	
					2019	796	527	148	755	45	3	110	260	104	78		258					4	3.089	
					2015	705	469	155	842	70	2	113	179	293	45		321					34	3.228	
					2012	190	219	141	516	12	1	145	180	177	38		225					3	1.847	
					2010	245	284	160	639	11	3	98	197	203	35		311					3	2.189	
					2008	252	360	186	600	10	5	108	127	175	46		273					5	2.147	
					2005	75	160	141	468	28	1	83	138	170	40	1	323					3	1.630	
					2001	91	103	181	589	12	1	104	92	179	54	0	81		1			1	1.488	
					1997	42	75	118	321	3		67	29	182	25		79		1			1	943	
					1996	29	82	82	288	4	6	25	42	124	15	1	46		1			1	746	
EMC:107																								
Tasa Crecimiento: 5.49%					2020	969	739	111	724	35	6	113	174	176	124		280				2	2	7	3.462
						Liv. 2543				Pesad. 154				Pesado 765										
						73%				4%				22%										

SIMILAR

Fuente: sustentantes / Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2020. Pág. 103.

El Anuario de tráfico del MTI-2020 indica, que se deberá trabajar con una estación de corta duración (ECD) cuando el vector volumen de su TPDA sea de 300 a 5000 Vehículos por día. en este capítulo el estudio da como resultado un **TPDA de 336 Vehículos por día, Ver tabla 14, pag.22.**

Tabla 12: Dependencia de estaciones (Shell Palacagüina-Emp. Yalagüina).

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
107 Sébaco - Emp. San Isidro	NIC-1	110	ECD	Esteli - Condega
	NIC-1	111	ECD	Condega - Shell Palacagüina
	NIC-1	114	ECD	Shell Palacagüina - Emp. Yalagüina
	NIC-4	405	ECD	Emp. Guanacaste - Emp. Nandaime
	NIC-10	1006	ECD	Emp. Villa Carlos Fonseca - Emp. Masachapa (Inter Nic-8)
	NIC-15	1501	ECD	Yalagüina - Ocotal
	NIC-19A	1906	ECS	Emp. San Dionisio - San Dionisio
	NIC-20A	126	ECD	Proincasa - Cofradia
	NIC-21B	2109	ECS	Rosita - Río Wawa
	NIC-24B	2401	ECD	Rancheria - Villa 15 de Julio
	NIC-26	2601	ECD	Emp. Telica - Ent. Malpaisillo
	NIC-26	2602	ECD	Los Zarzales - Emp. San Isidro
	NIC-28	2801	ECD	La Paz Centro - Emp. Izapa




Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2020) pág. 41, pdf.

La expansión de Tránsito Promedio Diurno Semanal de 12.0 horas (TPDiS_{12hrs}), 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.

El anuario de tráfico del MTI-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 los del tercer cuatrimestre del año (Septiembre-Diciembre), ya que, los conteos de aforo vehicular se realizaron en el mes de noviembre-2022. **Ver Tabla 13, pág. 21**

Tabla 13: factores /1^{er} cuatrimestre del año (EMC-1205) Emp. Sébaco San Isidro.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

ESTACION DE MAYOR COBERTURA 107
SEBACO - EMPALME SAN ISIDRO
FACTORES - 2020

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	1,24	1,28	1,17	1,25	1,18	1,20	1,18	1,30	1,51	1,39	1,00	1,53	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06
Factor Semana	1,00	1,02	1,00	0,96	0,94	1,16	1,03	0,85	0,89	0,92	1,00	0,91	1,00	1,00	0,77	1,00	0,86
Factor Fin de Semana	0,99	0,96	0,99	1,13	1,17	0,75	0,94	1,75	1,48	1,26	1,00	1,34	1,00	1,00	4,21	1,00	1,71
Factor Expansión a TPDA	1,16	0,93	1,06	1,03	0,92	1,50	0,84	1,08	0,91	0,94	1,00	0,91	1,00	1,00	1,10	1,00	1,06

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	1,22	1,21	1,25	1,21	1,19	1,26	1,15	1,30	1,44	1,43	1,00	1,52	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	1,01	0,98	0,97	0,93	0,87	0,93	0,95	0,89	0,91	0,89	1,00	0,88	1,00	1,00	0,95	1,29	0,94
Factor Fin de Semana	0,97	1,06	1,08	1,22	1,64	1,21	1,16	1,46	1,31	1,44	1,00	1,48	1,00	1,00	1,14	0,64	1,18
Factor Expansión a TPDA	0,91	1,19	1,01	1,06	1,03	0,79	1,29	1,00	1,08	0,99	1,00	1,05	1,00	1,00	1,62	0,78	1,29

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

$$TPDA = TPDi_{12hrs} * FD * FE$$

[Ec. 2]

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 →	1,21	1,25	1,22	1,23	1,25	1,25	1,17	1,31	1,47	1,40	1,00	1,51	1,00	1,00	1,17	1,00	1,33
Factor Semana	0,99	1,02	1,01	0,94	0,94	0,92	0,97	0,88	0,88	0,88	1,00	0,91	1,00	1,00	0,90	1,00	0,93
Factor Fin de Semana	1,02	0,96	0,99	1,19	1,20	1,27	1,07	1,54	1,55	1,51	1,00	1,35	1,00	1,00	1,36	1,00	1,23
Factor Expansión a TPDA →	0,96	0,92	0,94	0,93	1,07	0,94	0,97	0,93	1,03	1,08	1,00	1,06	1,00	1,00	0,68	1,40	0,78

Fuente: Anuario de Tráfico 2020. MTI pág. 307 pdf.

Para realizar la expansión del Tráfico Promedio Diurno Semanal $TPDiS_{12hrs}$, solo se utilizó el Factor Día (FD) y Factor Expansión (FE). Los demás factores no se utilizaron ya que, el conteo vehicular comprendió los siete (7) días de la semana.

El cálculo del TPDA puede verse en la Tabla:14, pág. 22

Se procede a calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) utilizando la **Ecuación 2**:

$$\text{TPDA} = \text{TPDi}_{12\text{hrs}} * \text{FD} * \text{FE} \quad \text{Ec. 2}$$

TPDi₁₂:Tránsito Promedio Diurno Semanal de 12 horas.

FD: Factor Día.

FE: Factor Expansión (Expansión a TPDA).

Tabla 14: Calculo del TPDA, aplicando factores de ajuste (FD, FE) / ambos sentidos.

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA). EST: 0+000											
Factor / Tipo de Vehículo	Moto	Vehículos de Pasajeros					Vehículos de Carga				TOTAL
		Auto	Jeep	Cta.	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
Peso x eje (Ton.met)	-	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/2.0	2.0/4.0	4.0/8.0	5.0/10	4.0/8.0	5.0/10	5/16.5	
Tipo de eje	-	simple	simple	simple	simple	simple	simple	simple	simple	Simple/doble	
TPDiS _{12HRS}	97	13	16	80	9	5	3	25	19	9	276
FACTOR DIA	1.21	1.25	1.22	1.23	1.25	1.25	1.17	1.31	1.47	1.40	
FACTOR EXPANSIÓN	0.96	0.92	0.94	0.93	1.07	0.94	0.97	0.93	1.03	1.08	
TPDA verano	113	15	19	92	13	6	4	31	29	14	336
%TPDA	33.6%	4.46%	5.65%	27.38%	3.87%	1.79%	1.19%	9.23%	8.63%	4.17%	100%
% Vehículos	77.98% Livianos							22.02% de Carga			100%

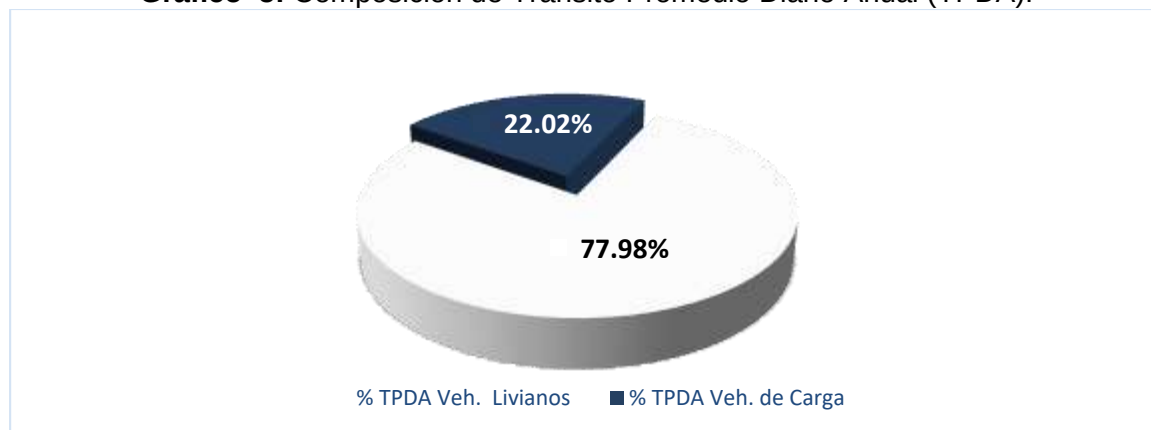
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El Tráfico Promedio Diario Anual se estimó utilizando la **ecuación 2**. El cálculo para el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo de estudio resultó de: **336 vpd** (vehículos por día), posterior se utilizó los registros de la estación de corta duración ECD-114 Shell Palacagüina- Emp Yalagüina para realizar la estimación de una tasa de crecimiento acorde al desarrollo económico del país y proyectar el TPDA calculado a un periodo de años en base a la clasificación funcional de la vía.

3.7.6. Composición vehicular

En base a los resultados del aforo vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra, la cual está conformada en el siguiente orden: vehículos livianos **77.98%**, y vehículos de carga **22.02%**, obteniendo así un porcentaje de tránsito vehicular total de **100%**, (**Ver Gráfico- 3**)

Gráfico 5: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El tramo se clasifica primeramente como una vía local, esta vía es adyacente a la red colectora y se subdivide en rural, esta conecta con comunidades y terrenos aledaños, su velocidad de diseño y nivel de servicio es bajo, tiene como función principal el acceso a la propiedad. El TPDA en este estudio está acorde a su clasificación según el (Estudio de plan Nacional de Transporte de Nicaragua, 2001), esta a su vez concuerda con la clasificación funcional de la SIECA-2011 el cual se define en base a su TPDA (**Ver Tabla-20, pág.29**)

3.8. Determinación de las tasas de crecimiento

Para determinar las tasas de crecimiento se utilizó la metodología del anuario de aforos del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, pág. 22, donde se indica la ecuación a utilizar para la determinación de las tasas de crecimiento, en la cual se consideran los registros históricos del TPDA de la estación seleccionada con el fin de ponderar o hacer pesar más el resultado final, también se incorporaron los registros del Producto Interno Bruto (PIB) y población (POB). Se considero utilizar registros de 13 años (2008-2020). **(Ver Anexos, Tabla-96, pág. XXXIX), (Ver Anexos, Tabla-98, pág. XLI)**

Tabla 15: Registros históricos del TPDA-114, PIB, y POB.

AÑO	TPDA ECD 114	PIB (Miles \$)	POB (Miles de habitantes)
2008	2147	8497	5669
2009	-	8299	5742
2010	2189	8759	5816
2011	-	9774	5997
2012	1847	10533	6071
2013	-	10983	6134
2014	-	11880	6198
2015	3228	12757	6263
2016	-	13286	6328
2017	-	13786	6394
2018	-	13025	6460
2019	3089	12595	6528
2020	3462	12587	5669

Fuente: BCN Informe Anual 2020 y Anuario de Tráfico MTI-2020 pág. 103.

En los registros de la estación ECD N° 114 (Shell Palacagüina- Emp. Yalagüina), se observan crecimientos altos en relación con los años 2010-2012, hasta llegar al año 2015 que se encuentra con una TPDA mucho mayor, elevando su tasa de crecimiento, algunos años no poseen conteos volumétricos, ya que, en esos años no se realizaron. Se procedió a calcular las tasas de crecimiento interanual aplicando la **ecuación-3**

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

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Actual

TPDA_o: Año anterior.

n= La diferencia de años.

La tabla 15: muestra las diferentes tasas de crecimiento interanuales para los diferentes años del 2008 al 2020, obtenida de la ecuación antes detallada. El TPDA promedio de la estación Shell Palacagüina- Emp. Yalagüina, resultó de 2,500 vehículos. Su tasa promedio corresponde a 4.85%.

Tabla 16: Evolución del TPDA ECD 114 Shell Palacagüina- Emp. Yalagüina.

AÑO	TPDA ECD-114	Diferencia de años	Aplicando la Ec-3		TCA
2008	2147				
2009	-				
2010	2189	2	1.020	1.010	0.97%
2011	-				
2012	1847	2	0.844	0.919	-8.14%
2013	-				
2014	-				
2015	3228	3	1.748	1.205	20.45%
2016	-				
2017	-				
2018	-				
2019	3089	4	0.957	0.989	-1.09%
2020	3462	1	1.121	1.121	12.08%
Promedio	2,500	TC Promedio TPDA-114			4.85%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2020, MTI- DAV pág. 103).

3.8.1. Evolución del producto interno bruto (PIB)

Utilizando el informe anual del Banco Central de Nicaragua (BCN), se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del producto interno bruto (PIB), de los últimos 13 años, donde se refleja el comportamiento histórico, desde el año 2008 al año 2020. Se procede a calcular las diferentes tasas interanuales (Ver Tabla-17, Pág. 26)

El PIB promedio de los últimos 13 años que presenta el informe de Banco Central de Nicaragua BCN corresponde a \$ 11,289 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 3.45%. La determinación de esta se calculó usando la **ecuación N° 3**.

Tabla 17: Tasas de crecimiento anual para PIB.

AÑO	TPDA ECD-114	PIB (\$Miles)	Diferencia de años	Aplicando la Ec-3		TCA
2008	2147	8497	1	-	-	-
2009	-	8299	1	0.977	0.977	-2.33%
2010	2189	8759	1	1.055	1.055	5.54%
2011	-	9774	1	1.116	1.116	11.60%
2012	1847	10533	1	1.078	1.078	7.76%
2013	-	10983	1	1.043	1.043	4.28%
2014	-	11880	1	1.082	1.082	8.17%
2015	3228	12757	1	1.074	1.074	7.38%
2016	-	13286	1	1.041	1.041	4.15%
2017	-	13786	1	1.038	1.038	3.76%
2018	-	13025	1	0.945	0.945	-5.52%
2019	3089	12595	1	0.967	0.967	-3.30%
2020	3462	12587	1	0.999	1.000	-0.03%
Promedio	2,500	\$ 11,289 millones	TC Promedio PIB			3.45%

Fuente: BCN Informe Anual 2019 y Anuario de Tráfico MTI-2020 pág. 103.

3.8.2. Evolución de los registros de población (POB)

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes de población (POB) de los últimos 13 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2008 al año 2020.

El POB promedio es de 6,133 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.29%. Las tasas de crecimiento interanual de los últimos 13 años se calcularon usando la **ecuación N° 3**. (Ver Tabla-18, Pág. 27)

Tabla 18: Datos ECD-114 y tasas de crecimiento anual para población.

AÑO	TPDA ECD 114	POB (Miles/Hab)	Aplicando la Ec-3			Tasa Crecimiento Anual (POB)
2008	2147	5669				
2009	-	5742	1	1.01	1.01	0.013
2010	2189	5816	1	1.01	1.01	0.013
2011	-	5997	1	1.03	1.03	0.031
2012	1847	6071	1	1.01	1.01	0.012
2013	-	6134	1	1.01	1.01	0.010
2014	-	6198	1	1.01	1.01	0.010
2015	3228	6263	1	1.01	1.01	0.010
2016	-	6328	1	1.01	1.01	0.010
2017	-	6394	1	1.01	1.01	0.010
2018	-	6460	1	1.01	1.01	0.010
2019	3089	6528	1	1.01	1.01	0.010
2020	3462	5669	1	1.01	1.01	0.013
Promedio	2,500	6,133	TC Promedio POB			1.29%

Fuente: BCN Informe Anual 2020 y Anuario de Tráfico MTI-2020 pág. 103.

3.8.3. Consolidado de las tasas de crecimiento

A continuación, se realizó el consolidado de las tasas de crecimientos calculadas (TPDA ECD-114, PIB, POB)

Tabla 19: Consolidado de las tasas de crecimiento calculadas (TPDA, PIB, POB).

TPDA-114	PIB	POB
TC= 4.85%	TC= 3.45%	TC= 1.29%
Alto	alto	Muy bajo
Promedio		
TASA DE CRECIMIENTO TC: 3.20% Aceptable		

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se obtuvieron tres tasas de crecimiento sin embargo ninguna de las tres se ajusta para la proyección del tránsito en el tramo de estudio, por lo que se decidió, realizar un promedio obteniendo una tasa de crecimiento más acorde considerando el promedio histórico del TPDA, PIB y POB. Obteniéndose una tasa de crecimiento de 3.20%, la cual es aceptable.

3.9. Selección de la tasa de crecimiento

La tasa seleccionada de **3.20%** se sustenta en base al crecimiento económico histórico del PIB de los últimos 10 años del país, el cual es de 3.39%, (**Ver anexos Tabla 99, Pág. XLII**). similar a la tasa calculada la cual posee un valor promedio de 3.20%.

3.10. Determinación del tránsito de diseño

Acorde a lo indicado por Heberto Hernández, 2011, El tránsito de Diseño (TD), determina la cantidad de vehículos que circularán en una vía, para obtener un acumulado de vehículos y proyectar su vida útil. De manera general el Tránsito de diseño a emplear para fines de este proyecto está dada por la ecuación:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

FC: Factor Crecimiento.

FD: Factor Dirección.

Fc: Factor Carril

365: Días del año.

3.10.1. Período de Diseño (PD)

Es el número de años para el cual se diseña específicamente el pavimento; generalmente varía entre los ocho (8) y veinte (20) años, dependiendo del tipo de vía. En este caso el tramo tiene una clasificación funcional **Local Rural** definido por el **TPDA: 336 vpd** y el número de **carriles (2)**, según lo estipulado en la (SIECA 2011, pág. 13). El cual indica que debe estar en un rango de 500 a 3000 vpd. En dependencia a su clasificación funcional la vía se diseñó a **N=20 años**. Ver tabla 20 y 21, pág. 29.

Tabla 20: Clasificación funcional de la vía.

función	clase de carretera	abrev.	TPDA	no. de carriles
Arteria principal	Autopista	AA	> 20,000	6-8
	Arteria Rural	AR	10,000-20,000	4-6
	Arteria Urbana	AU	10,000-20,000	4-6
Arteria menor	Arteria Menor Rural	AMR	3,000-10,000	2
	Arteria Menor Urbana	AMU	3,000-10,000	2
Colectora mayor	Colectora Mayor Rural	CMR	10,000-20,000	4-6
	Colectora Mayor Urbana	CMU	10,000-20,000	4-6
Colectora menor	Colectora Menor Rural	CR	500-3,000	2
	Colectora Menor Urbana	CU	500-3,000	2
Local	Local Rural	LR	100-500	2
	Local Urbana	LU	100-500	2
	Rural	R	<100	1-2

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 33).

Tabla 21: Periodo de diseño (N).

Tipo de carretera	Período de diseño (años)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	15 – 30
Colectora menor urbana	10 – 20
Colectoras Rurales	10 – 20 (20 años)

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2002.

3.10.2. Factor de crecimiento (Fc)

Está en función de la tasa anual de crecimiento y el período de diseño de la estructura de pavimento. El tránsito acumulado durante los “n” años se determina a través de un factor de crecimiento el cual varía según el método de diseño. Así por ejemplo para el método de AASHTO 93. Se determina mediante la siguiente

Ecuación N°5:

$$FC = \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right) \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

Fc: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento anual :**3.20%**

n: Periodo de años al cual está proyectando: **20 años**

$$F_c = \left(\frac{(1 + 0.0320)^{20} - 1}{0.0320} \right) = 27.20$$

3.10.3. 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. Ver tabla a continuación

Tabla 22: Factor de distribución por dirección (Fd).

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2002.

3.10.4. Factor distribución por carril (fc)

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). se elige un valor de 1.0. Ver tabla a continuación

Tabla 23: Factor de distribución por carril (fc).

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2002.

Se tomó el valor de **Fc' = 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), aplicando la ecuación-4, pág. 28.

En la **tabla 24 pág. 31**, se presenta el cálculo del tránsito de diseño (TD) por clasificación vehicular y por su promedio total en ambos casos da el mismo resultado obteniendo un tránsito por carril de diseño de **1,106,972.0 Vehículos**, durante un periodo de 20 años. Este cálculo no toma en consideración el TPDA de las motos.

Tabla 24: Tránsito de diseño.

Tipo de vehículos	TPDA (2022)	F.C.	Días del año	Factor por carril (Fc)	Factor de Dirección (FD)	Tránsito para el carril de diseño
Calculo por clasificación vehicular						
Autos	15	27.20	365	1.00	0.50	74,460.0
Jeep	19	27.20	365	1.00	0.50	94,316.0
Camionetas	92	27.20	365	1.00	0.50	456,688.0
McBus<15 pas	13	27.20	365	1.00	0.50	64,532.0
MnBus 15-30 pas	6	27.20	365	1.00	0.50	29,784.0
Bus	4	27.20	365	1.00	0.50	19,856.0
C2 Liv	31	27.20	365	1.00	0.50	153,884.0
C2 5 +ton	29	27.20	365	1.00	0.50	143,956.0
C3	14	27.20	365	1.00	0.50	69,496.0
TOTAL, DE DISEÑO EN UN PERIODO DE 20 AÑOS						1,106,972.0
Calculo en base al promedio						
Transito Promedio	223	27.20	365	1.00	0.50	1,106,972.0

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

3.10.5. El índice de serviciabilidad inicial (P_0)

Es la condición inmediata después de la construcción, (AASHTO-93 en su capítulo 8, Pág. 181) define que para pavimentos articulados este valor inicial es de

$P_0= 4.2$. (definido en función del pavimento y la calidad de construcción)

3.10.6. El índice de serviciabilidad final (P_t)

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. El valor sugerido por la AASHTO-93 en su capítulo 8, Pág. 181 es:

$pt=2.0$. (para vías de tránsito menor)

3.10.7. Número estructural asumido (SN)

El diseño para el pavimento flexible según la AASHTO está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto, el cual está relacionado con la determinación del número de ejes equivalentes de 18 Kips. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5**.

3.10.8. Factor de equivalencia (FESAL)

Los factores equivalentes de carga de la AASHTO están tabulados en función de cuatro parámetros: tipo de eje (simple, tándem, trídem), índice de serviciabilidad final (2.0), carga por eje, y número estructural SN (5"). Para determinar los factores Fesal de cada vehículo en este estudio se interpolaron los pesos por ejes, ya que, estos no se encontraron en las tablas 3.1 y 3.2 de factores equivalentes de carga. (Ver Anexo Tabla 102-103, Pág. XLIV- XLV)

Factores de cada vehículo interpolado según su clasificación tanto para ejes simples como para ejes dobles.

Tabla 25: Factores de ejes kips a interpolar.

Pesos por eje Kips a interpolar			Numero estructural SN							
Peso X eje (kips)	Tipo de eje		Carga/eje (kip)	Carga/eje (kN)	1	2	3	4	5	6
2.2	simple		2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4.4	simple		4	17.8	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
8.8	simple		6	26.7	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
11	simple		8	35.6	0.030	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
17.6	simple		10	44.5	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.079
			12	53.4	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
			14	62.3	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
			16	71.2	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
			18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
			20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
			22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
			24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
			26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
			28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
			30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
			32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1

22 kips
↓
existe

Asumiendo un SN=5 para tráfico bajos, Pt: 2.0

Calculo representativo para un peso por eje de 2.2 kips ejes simples.

Carga/eje	(kip)	(kN)	1	2	3	4	5
2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	26.7	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	35.6	0.030	0.035	0.036	0.033	0.031	0.031

Se toman los valores en Y de 2-4: 0.0002 y 0.002 X: 0.00038

Factor ESAL 2.2 Kips	
kips	SN:5
Carga	FEC
2	0.0002
2.2	X
4	0.002
X :	0.00038

Fuente: Elaborado por Sustentantes (Aplicando Interpolación Lineal).

En la **Tabla-25** se muestra cada uno de los factores de equivalencia de carga a calcular, según el tipo de vehículo y su peso en Kips para cada eje. Considerando un numero estructural SN=5 y una serviciabilidad final de 2.0, estos se determinaron según interpolación lineal. Los cálculos representativos se pueden ver en **Anexos Tabla 104-106, Pág. XLVI)**

En el caso del factor de **22 Kips** para el eje doble del vehículo Bus, no fue necesario interpolarlo, ya que, este se encuentra en la tabla factores equivalentes de carga ejes simple (2.35). (**Ver Anexo Tabla 102, Pág. XLIV**)

En la Tabla: 26, se presenta un ejemplo de la estimación del valor de 36.30 kips para eje tándem.

Tabla 26: Factores equivalente de carga a interpolar para ejes tándem.

Tabla 26: Factores equivalentes de carga a interpol para ejes tandem.

Pesos por eje Kips a interpolar

Peso X eje (kips)	Tipo de eje
36.30	doble

Asumiendo un SN=5 para tráfico
bajos, Pt: 2.0

Carga/eje		SN					
(kip)	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	17.8	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	26.7	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	35.6	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	44.5	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	53.4	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	62.3	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	71.2	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	80.0	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	89.0	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	97.9	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	106.8	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	115.7	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	124.6	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	133.5	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	142.4	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
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

Calculo representativo para un peso
por eje de 36.30 kips ejes simples.

36.30 kips

Carga/eje		SN					Factor ESAL 36.60 Kips	
(kip)	(kN)	1	2	3	4	5	kips	SN:5
34	151.3	1.06	1.07	1.06	1.08	1.08	Carga	FEC
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38		36
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73		36.60
								X
								38
								1.73
							X :	1.43

Se toman los valores en Y de 36-38: 1.38 y 1.73

X: 1.43

3.10.9. 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 siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

TD: Tránsito de Diseño.

FESAL: Factor de Equivalencia de carga por eje.

Ya conocido los valores del Tránsito de Diseño (TD) por tipo de vehículo cuyos resultados se muestran en la **Tabla 24** de la **pág. 31**. 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.

El cálculo de los ejes equivalentes a 18 Kips para cada clasificación de vehículos se estimó en base al tránsito de diseño y los factores **ESAL** para cada eje, este último se determinó utilizando las tablas **102-103, Pág. XLIV- XLV** de factores equivalentes de carga, considerando una serviciabilidad final de $pt=2.0$ y un $SN=5$, para lo cual se debió conocer los pesos de cada eje en toneladas y luego pasarlo a Kips fue necesario utilizar la tabla de diagramas de carga permisibles para la conversión. **Ver Anexos Tablas 100-101** **pág. XLIII**.

Se interpolaron cinco (5) valores FESAL para ejes Simples (2.2, 4.4, 8.8, 11, 17.60), y un valor FESAL para ejes Dobles (36.30). Solo el peso de 22 Kips no se interpoló ya que, el FESAL (2.35), si se muestra en el cuadro AASHTO– 93, para ejes Sencillos. El cálculo del **ESAL o W18** se muestra a continuación, en la **Tabla 27** **pág. 35**:

Tabla 27: Cálculo ESAL'S por carril de diseño.

Tipo de vehículos	Peso X eje (Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	TPDA 2022	TD	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	15	74,460.0	0.00038	28
	1.00	2.20	Simple			0.00038	28
Jeep	1.00	2.20	Simple	19	94,316.0	0.00038	36
	1.00	2.20	Simple			0.00038	36
Camionetas	1.00	2.20	Simple	92	456,688.0	0.00038	174
	2.00	4.40	Simple			0.0034	1553
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	13	64,532.0	0.0034	219
	4.00	8.80	Simple			0.0502	3240
MnBus > 15 pas	4.00	8.80	Simple	6	29,784.0	0.0502	1495
	8.00	17.60	Simple			0.9206	27419
Bus	5.00	11.00	Simple	4	19,856.0	0.1265	2512
	10.00	22.00	Simple			2.3500	46662
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	31	153,884.0	0.0502	7725
	8.00	17.60	Simple			0.9206	141666
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	29	143,956.0	0.1265	18210
	10.00	22.00	Simple			2.35	338297
C3	5.00	11.00	Simple	14	69,496.0	0.1265	8791
	16.50	36.30	Doble			1.433	99553
TOTAL				223	1,106,972.0		697,644.00
Para el tramo en estudio se obtuvo un ESAL'S de 6.976E+05 o 697,644.00 repeticiones equivalentes a 18 Kips o 18, 000 lbs para el carril de diseño, en un periodo de 20 años. Trabajando con Po=4.2, Pt=2.0, ΔPsi=2.2 y un SN: 5".							

Fuente: Elaborado por Sustentantes



CAPÍTULO IV

ESTUDIO GEOTÉCNICO



UNÍ RUACS - 2023

4.1. Introducción

En los proyectos de Ingeniería, tanto en obras horizontales como en obras verticales, se necesita tener información veraz acerca de las propiedades físico-mecánica de los suelos donde se pretende cimentar la obra. Por lo que deberá hacerse un plan de exploración y muestreo en el área donde se desea realizar el proyecto. La exploración deberá consistir en la investigación del subsuelo, con el objetivo de poder obtener muestras de suelo a la que se le realizaran en el laboratorio ensayos básicos de clasificación, densidad, humedad, etc.

4.2. Metodología

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo a lo largo del tramo en análisis, con el propósito de evaluar y analizar las características físicas, mecánicas y condiciones de soporte del suelo, y así poder contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento articulado. Los ensayos de laboratorio y caracterización física de los suelos fueron proporcionados por la Alcaldía municipal de Condega, de un Estudio realizado por el laboratorio EDICO (Estudios y Diseños Ingenieros Consultores) en el mes de enero del año 2018.

Todos los ensayos se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 28: Tipos de ensayos para estudio de suelos.

Ensayo	Especificación ASTM	Especificación AASHTO
Análisis Granulométrico	D 422	T – 2788
Humedad natural	D 2216	
Límite Líquido	D 4318	T –8990 y 9087
Índice de Plasticidad	D 4318	T – 9097
Clasificación de suelos AASHTO	D 3282	M–145
Ensayo Próctor Modificado	D 422	T 180
Ensayo CBR.	D1883	T – 193 – 81
Peso volumétrico seco suelto	C29	T-19
Peso volumétrico seco compacto	C29	T-19
Desgaste de los ángeles	C131	T-96
Intemperismo	C88	T-104

Fuente: AASHTO, Tercero Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

Los trabajos de gabinetes fueron los siguientes:

- Analizar los sondeos de los suelos que conforman la plataforma vial.
- Realizar perfil estratigráfico.
- Evaluar las propiedades de los bancos de préstamos.
- Determinar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante

Tabla 29: Trabajos de campo realizados por EDICO.

Actividad	Designación ASTM	Designación AASHTO
Sondeos Manuales con profundidad de 1.50 m a cada 100 metros.	D420	T86
identificación visual de los suelos en campo.	D2488	
Búsqueda de bancos de préstamo.	D420	T86

Fuente: Alcaldía municipal de Condega- Laboratorio EDICO.

4.3. Sondeos manuales sobre la línea vial

Los sondeos de línea es un método de exploración de la capa de rodamiento y el subsuelo en sitios espaciados donde descansara la estructura de pavimento, con la finalidad de conocer la columna estratigráfica y los tipos de materiales que conforman los estratos.

En este estudio los sondeos fueron ejecutados con pala y palín, se tomaron muestras representativas alternadas a uno y otro lado de la vía, cada sondeo espaciado a 100 metros con una profundidad de hasta 1.50 metros, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 del tramo hasta la estación 1+47.

La investigación del suelo del tramo vial se realizó por medio de 15 sondeos manuales, en estos sondeos se encontraron 33 muestras representativas. Ver tabla a continuación

Tabla 30: sondeos manuales.

Actividad	Total
Sondeos de línea	15
Muestras tomas	33

Fuente: Elaborado por sustentantes.

4.3.1. Características geotécnicas de los suelos en la línea vial

El análisis de los suelos de la plataforma vial se realizó de 15 sondeos manuales espaciados a cada 100 metros uno del otro, con una profundidad de 1.50 metros, clasificados según la AASHTO M 145. *(Ver Anexos, Tablas 107, págs. XLVII)*

- **Sonde N°1, Est: 0+000 hasta Sondeo N°6, Est:0+500**

A lo largo de la línea vial iniciando en la estación 0+000 inicio del tramo sondeo manual (Sm-01), hasta la estación 0+500- sondeo manual (Sm-6), se encuentran presentes cinco tipos de suelos **A-1-a (0)**, **A-2-4 (0)**, **A-2-6 (0)**, **A-2-7(0)**, **A-1-b(0)**.

Primer estrato: En la estratigrafía del primer sustrato predomina un suelo del tipo **A-1-a (0)**, con índice de grupo cero, este suelo subyace a una profundidad que varía entre 0.0-0.25 metros, situado en las estaciones (0+000–0+100), este suelo está clasificado según la AASHTO como un suelo de excelente calidad, se encuentra dentro del grupo A-1, posee un límite líquido determinado de 20%, su índice de plasticidad de 3%, presenta un valor de CBR al 95% próctor modificado de 50%.

En las estaciones **0+200 ala 0+400** predomina un suelo del tipo **A-2-6 (0)** con índice de grupo cero, subyace a una profundidad que va desde los 0.00-0.35 metros, catalogado según la AASHTO de mala calidad, se encuentra dentro del grupo A-2, posee un límite líquido de 33% y un índice de plasticidad de 12%. Su CBR al 95% Proctor modificado es de 16.9%.

De manera puntual en el sondeo manual (Sm-06) en la estación (0+500) se encuentra un tipo de suelo **A-1-b (0)** con índice de grupo cero, subyace a una profundidad que va desde los 0.00-0.25 metros, catalogado según la AASHTO de excelente calidad, se encuentra dentro del grupo A-1, posee un límite líquido de 21% y un índice de plasticidad de 1%. Su CBR al 95% Proctor modificado es de 12.9%.

Segundo estrato: Se encuentran un tipo de suelo a lo largo del tramo, desde la estación (0+000 ala 0+200), con un tipo de suelo **A-2-4(0)** con índice de grupo cero, este suelo subyace a una profundidad que varía entre 0.15-1.50 metros, presenta una descripción visual de un material de grava con arcilla y arena, este tipo de suelo según su clasificación AASHTO pertenece al grupo A-2, catalogado como un material de regular calidad, posee un límite líquido de 26%, posee un índice de plasticidad de 10%, su CBR al 95% próctor modificado de 12 a 41%.

- **Sonde N°7, Est: 0+600, hasta Sondeo N°11, Est:1+000**

A lo largo del S-7 al S-11 se encuentran cuatro (4) tipos de suelos **A-2-6(0)**, **A-2-7(2)**, **A-1-a (0)**, **A-2-4(0)**.

Primer estrato: En la estratigrafía del primer sustrato predomina un suelo del tipo **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero, este suelo se encuentra presente desde la estación 0+600, Sondeo N°7, a la Estación 1+000, sondeo N°11, se encuentra a una profundidad desde los 0.00 m a los 0.10 metros, catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de regular calidad, se encuentra del grupo A-2. Posee un límite líquido de 32%, y un índice de plasticidad de 13%, su valor CBR al 95% próctor modificado es de 23.8%.

De manera puntual en la estación 0+700, sondeo N°8, se encuentra un tipo de suelo **A-1-a (0)**, con índice de grupo cero, este material presente las mismas características físico-mecánicas descritas en el primer estrato de la estación 0+000 ala 0+100, su CBR al 95% próctor modificado es de 54%.

De manera puntual en la estación 0+800, sondeo N°9, se encuentra un tipo de suelo **A-2-4 (0)**, con índice de grupo cero, este material pertenece al grupo A-2 de la clasificación de la AASHTO, su límite líquido de 30%, y su índice de plasticidad de 7%, su CBR al 95% próctor modificado es de 7.4%.

De la estación 0+900 a la estación 1+000 predomina un tipo de suelo **A-2-6(0)** con índice de grupo cero, posee una capa delgada de 0.10 metros, pertenece al grupo **A-2**, según la clasificación de la AASHTO.

Posee un límite líquido que va de 32% a 39%, y un índice de plasticidad de 12 a 13%, su valor CBR al 95% próctor modificado es de 16.9%.

Segundo estrato: se encuentra tres tipos de suelo **A-2-7(2)**, **A-2-6(0)** y **A-2-4 (0)**. El suelo **A-2-7(2)** con índice de grupo dos, se encuentra de manera puntual en la estación 0+600, está a una profundidad de 0.10 m a 0.60 metros, la descripción del material corresponde a arena arcillosa con grava, pertenece al grupo **A-2**.

Según la clasificación de la AASHTO, es un material de mala calidad, posee un límite líquido de 47% e índice de plasticidad alto de 22%.

En los sondeos S-8, S-9 ubicados en las estaciones **0+700**, a la estación **0+800**, se encuentra presente el tipo de suelo **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero, se encuentra a una profundidad desde los 0.10 m a 1.50 metros, su descripción corresponde a grava con arcilla y arena, posee un límite líquido de 34%, su índice de plasticidad de 12%, posee un CBR al 95 próctor modificado es de 23.8%.

En los sondeos S-10, S-11 ubicados en las estaciones **0+900**, a la estación **1+000**, se encuentra presente el tipo de suelo **A-2-4(0)**, con índice de grupo cero, se encuentra a una profundidad desde los 0.05 m a 0.40 metros, su descripción corresponde a arena limosa con grava, posee un límite líquido ni índice de plasticidad, su CBR al 95 próctor modificado es de 14.3%.

Tercer estrato: se encuentran presentes dos tipos de suelos **A-2-7(1)**, **A-2-6 (0)**, **(1)**. El suelo A-2-7(1) con índice de grupo uno, se encuentra en la estación 0+600 sondeo S-7, se encuentra a una profundidad de 0.60 m a 1.50 metros, según la clasificación de la AASHTO es de mala calidad, pertenece al grupo A-2, la descripción visual del material corresponde a una arena arcillosa, posee un límite líquido de 42% y un índice de plasticidad de 19%, su CBR de 16.9%

El suelo A-2-6(1) con índice de grupo uno, se encuentra a una profundidad que va desde los 0.40 m a 1.50 metros, pertenece **A-2**, posee un límite líquido de 36% y su índice de plasticidad de 13%, su calidad es deficiente.

- **Sonde N°12, Est: 1+100, hasta Sondeo N°15, Est:1+400**

A lo largo del sondeo manual S-12 al S-15 se encuentran cinco (5) tipos de suelos **A-2-6 (0), A-7-5 (10), A-1-b (0), A-2-7(0), A-2-5 (0).**

Primer estrato: se encuentran presente los suelos **A-2-6 (0), A-1-b (0), A-2-5 (0).**

El suelo **A-2-6 (0)**, con índice de grupo cero, se encuentra de manera puntual en la estación 1+100, este se encuentra a una profundidad de 0.0 m a 0.5 metros.

Presenta las mismas características físico mecánica del sondeo 1+000 estrato tres. En la estación 1+200, sondeo S-13, se encuentra de manera puntual un suelo **A-1-b (0)**, con índice de grupo cero, a diferencia del descrito en la estación 0+500, este suelo no posee límite líquido, ni índice de plasticidad, pertenece al grupo **A-1**, según la clasificación de la AASHTO es de excelente calidad.

Suelos limosos se ubican en las estaciones 1+300 ala 1+400, estos se encuentran a una profundidad de 0.0 m a 1.50 metros, pertenecen al grupo A-2, son suelos que contiene alto contenido de humedad, por lo cual son deficientes.

Segundo estrato: se encuentran presente dos tipos de suelo **A-7-5(10), A-2-7(0).**

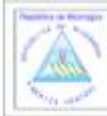
El suelo **A-7-5(10)**, con índice de grupo diez, es un suelo de muy mala calidad, perteneciente al grupo **A-7**, este se encuentra a una profundidad de 0.50 m a 1.50 metros, posee un límite líquido de 46% un índice de plasticidad de 15%, se descripción visual corresponde a un material de limo con arena.

El suelo **A-2-7(0)**, con índice de grupo cero, se encuentra de manera puntual en la estación 1+200, a una profundidad de 0.15 m a 1.50 metros, su límite líquido corresponde a 51% y su índice de plasticidad 22%, su CBR al 95% próctor modificado es de 19.1%. La descripción de las propiedades físico mecánica de cada sondeo sobre la plataforma vial pueden verificarse en las **Tablas 31-32, pág. 43-44.**

4.3.2. Resumen los resultados de ensayos de laboratorio

Los suelos predominantes a lo largo del tramo corresponden al tipo **A-2-4(0)**, **A-2-6(0)**, **A-2-7(0)**. son suelos de baja resistencia con calidad de regular a deficientes, límites líquidos e índices de plasticidad altos según su clasificación y características físico - mecánicas de la AASHTO MT-141. En menor cantidad subyacen los suelos **A-1-a (0)**, **A-1-b (0)**, son suelos de buena calidad según la clasificación de la AASHTO. Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, se realizó la secuencia estratigráfica del sitio en análisis. **(Ver Anexos, Gráficos-6, pág. 45)**

Tabla 31: Sondeos del tramo en estudio (Est 0+000, 0+600), (SM-01, SM-07).

CLIENTE:	EDICO, Ingenieros Consultores																								
  ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES																									
PROYECTO:	Emp. La Laguna- Comunidad Santa Rosa																				Fecha: 18/01/2018				
PROCEDENCIA: Muestras alteradas tomadas del camino mediante sondeos manuales																									
SONDEO	ESTACION KM+m	UBICACIÓN	MUESTRA No.	PROFUNDIDA D (cm)		ESPESOR	GRANULOMETRIA												Limites %		Clasificación AASHTO		valor de CBR		
				No.	De		A	CAPA cm	3"	2"	1	½"4"	¾"	3/8"	4"	10	40	200	LL	IP	Grupo	IG	90%	95%	100%
1	0+000	LC	1	0	15	15	100	91	91	70	57	40	28	20	12	9	20	3	A-1-a	0	40	50	60		
1	0+000	LC	2	15	150	135	100	97	88	75	67	46	30	24	14	8	29	8	A-2-4	0	9.2	15.7	22		
2	0+100	LC	3	0	25	25	100	100	100	97	89	72	55	36	23	15	NP	NP	A-1-a	0	35	45	50		
2	0+100	LC	4	25	150	125	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	11.3	14.3	19.3		
3	0+200	DER	5	0	15	15	91	79	71	66	61	48	35	29	20	13	38	16	A-2-6	0	6.7	12.4	18.2		
3	0+200	DER	6	15	150	135	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	8	12	16		
4	0+300	LC	7	0	25	25	94	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	12	A-2-6	0	11	18.5	25.5		
4	0+300	LC	8	25	150	125	72	62	57	49	47	39	32	28	23	19	47	20	A-2-7	0	15	16.9	23		
5	0+400	IZQ	9	0	35	35	100	81	73	60	54	40	30	21	14	10	33	12	A-2-6	0	30	16.9	36		
5	0+400	IZQ	10	35	150	115	100	89	89	89	86	83	74	61	49	30	...	NP	A-2-4	0	33	39	45		
6	0+500	LC	11	0	25	25	100	100	96	92	89	78	67	58	36	16	21	1	A-1-b	0	8.8	12.9	17.9		
6	0+500	LC	12	25	150	125	100	100	100	95	91	83	75	57	29	16	28	7	A-2-4	0	35	41	47		
7	0+600	DER	13	0	10	10	100	100	83	66	60	46	33	20	10	7	32	13	A-2-6	0	19	23.8	28.4		
7	0+600	DER	14	10	60	50	100	100	100	100	100	100	100	90	60	34	47	22	A-2-7	2	7.4	13	18		
7	0+600	DER	15	60	150	90	100	100	100	100	100	100	100	88	51	27	42	19	A-2-7	1	15	16.9	23		

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega -Laboratorio EDICO.

Sondeo manual (Sm-1 al Sm-7) se tomaron un total de 6 muestras, las cuales se utilizaron para la estimación del CBR de la subrasante.

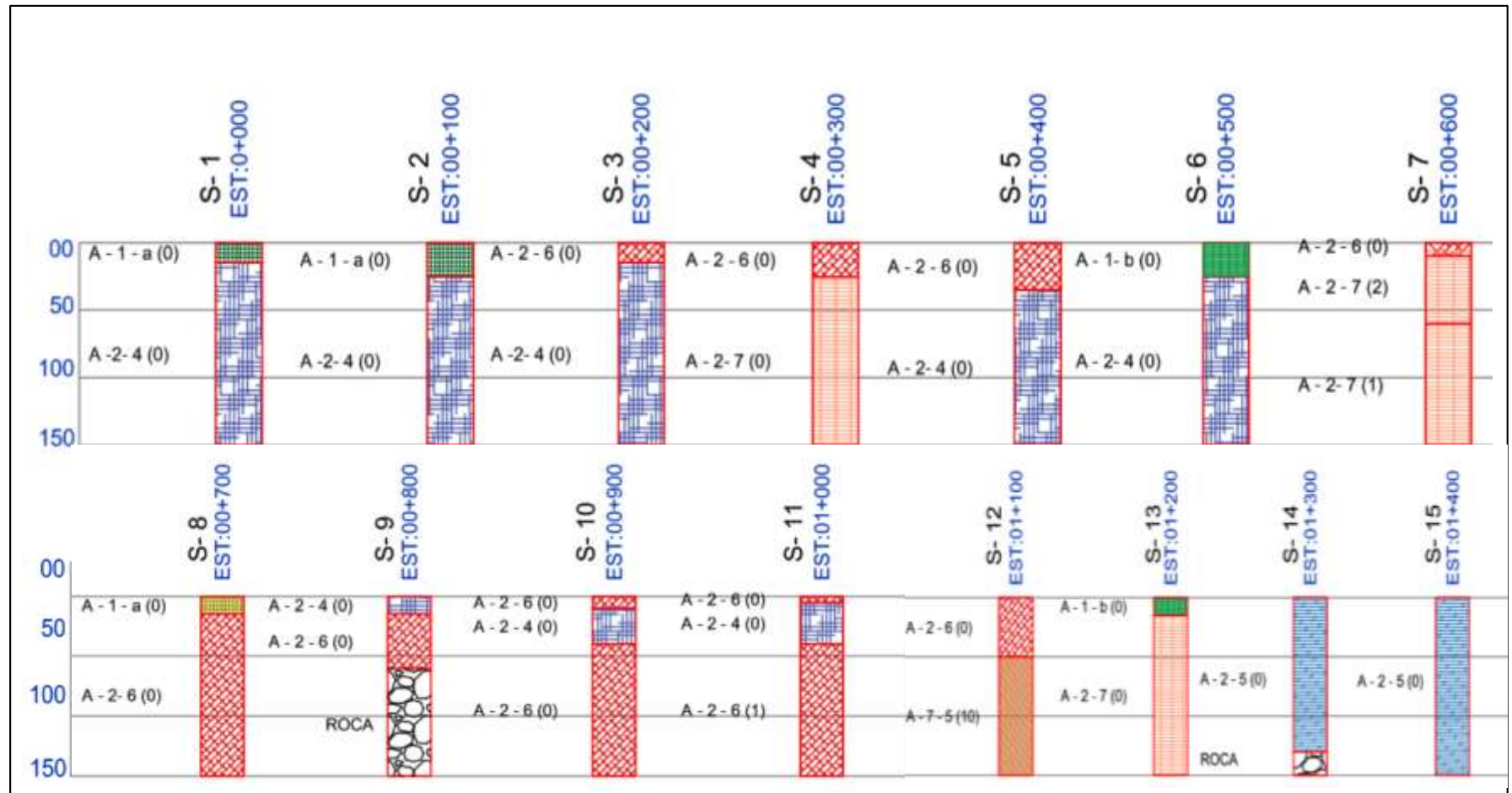
Tabla 32: Sondeos del tramo en estudio (Est 0+700, 0+1400), (SM-08, SM-15).

CLIENTE:		EDICO, Ingenieros Consultores																  ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES					
PROYECTO:		Emp. La Laguna- Comunidad Santa Rosa																Fecha: 18/01/2018					
PROCEDENCIA: Muestras alteradas tomadas del camino mediante sondeos manuales																							
SONDEO	ESTACION KM+m	UBICACIÓN	MUESTRA No.	PROFUNDIDA D (cm)		ESPESOR	GRANULOMETRIA										Limites %		Clasificación AASHTO		valor de CBR		
				De	A		CAPA cm	3"	2"	1	½"1"	¾"	3/8"	4"	10	40	200	LL	IP	Grupo	IG	90%	95%
8	0+700	LC	16	0	15	15	100	74	67	54	47	36	19	16	14	12	...	NP	A-1-a	0	46	54	62
8	0+700	LC	17	15	150	135	100	100	86	75	67	48	34	25	15	9	34	11	A-2-6	0	19	23.8	28.4
9	0+800	LC	18	0	15	15	100	95	89	79	77	69	61	51	28	13	30	7	A-2-4	0	2.8	7.4	12.1
9	0+800	IZQ	19	15	60	45	100	83	74	59	56	44	33	24	14	0	37	23	A-2-6	0	30	16.9	36
9	0+800	IZQ	20	60	150	90	ROCA																
10	0+900	IZQ	21	0	10	10	100	81	73	60	54	40	30	21	14	10	33	12	A-2-6	0	30	16.9	36
10	0+900	LC	22	10	40	30	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	11.3	14.3	17.3
10	0+900	DER	23	40	150	110	100	100	83	66	60	46	33	20	10	7	32	13	A-2-6	0	11	13	16
11	1+000	LC	24	0	5	5	100	100	100	100	100	100	99	88	36	19	39	12	A-2-6	0	28	14.5	34
11	1+000	IZQ	25	5	40	35	100	100	100	100	97	93	82	76	49	35	...	NP	A-2-4	0	6.6	10.6	15.6
11	1+000	IZQ	26	40	150	110	100	100	100	100	100	100	100	90	62	33	36	13	A-2-6	1	30	17.2	36
12	1+100	LC	27	0	50	50	100	100	100	100	100	100	99	88	36	19	39	12	A-2-6	0	28	14.5	34
12	1+100	LC	28	50	150	100	100	100	100	100	100	100	100	97	84	71	46	15	A-7-5	10	3.7	6	8.3
13	1+200	LC	29	0	15	15	100	89	82	76	72	61	49	41	26	19	...	NP	A-1-b	0	48	57	66
13	1+200	DER	30	15	150	135	90	70	67	60	57	46	32	26	19	16	51	22	A-2-7	0	7.4	19.1	30.7
14	1+300	DER	31	0	130	130	86	83	78	75	71	58	40	38	35	31	44	8	A-2-5	0	32	38	44
14	1+300	DER	32	130	150	20	ROCA																
15	1+400	IZQ	33	0	150	150	86	83	78	75	71	58	40	38	35	31	44	8	A-2-5	0	32	38	44

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí -Laboratorio EDICO.

Sondeo manual (Sm-8 al Sm-15) se tomaron un total de 5 muestras, de las cuales se utilizaron para la estimación del CBR de la subrasante.

Gráfico-6: Estratigrafía (Est 0+00-1+400), sondeos (S-1, al S-15).



Fuente: Elaborado por Sustentantes en base a sondeos.

Nota: La línea subrasante propuesta se muestra en el perfil longitudinal (Ver planos, laminas 7-10)

4.4. Resultados de ensayos a bancos de préstamo

Según los ensayos de laboratorio se exploraron Bancos en explotación y zonas potenciales para encontrar nuevos Banco a lo largo de la línea vial en base a la experiencia y la geomorfología de los sitios a una distancia máxima de 5 km se realizaron ensayos de laboratorio determinándose el uso de acuerdo con las características determinadas para ser ocupados en la conformación de capas de terracería y base para el pavimento articulado propuesto en este estudio.

Tabla 33: Bancos de préstamos Identificados.

Banco	Banco N°1 Adolfo Benavidez	Banco N°2 Bayardo Hurtado
Estación	Est: 0+000, 0.9 km al noreste, 30m Izq.	Est: 0+000, 2.0 km al Sureste, 30m Izq.
Dueño	Adolfo Benavidez	Bayardo Hurtado
Volumen Aproximado (m³)	72,716.00 m³	96,000.00 m³
Uso probable	Relleno, Base- Subbase	Relleno, Base- Subbase
clasificación	A-1-a (0)	A-1-a (0)
Altura	28.00	32.00
Ancho	49.00	58.00
Largo	53.00	52.00

Fuente: Alcaldía municipal de Condega- Laboratorio EDICO.

El **Banco de Préstamo Adolfo Benavidez N°1** se localiza a 0.9 kilómetros al noreste de la estación inicial 0+000, a 30 metros lado Izquierdo, en las coordenadas UTM WGS84 X= 570437, coordenada Y= 1480176. El propietario de este banco es el Sr. Adolfo Benavidez. El volumen aproximado de este banco es de 72,716.0 m³, sus dimensiones corresponden a 28 metro de altura, 49 metros de ancho, 53 metros de largo, este banco ha sido usado. **(Ver Anexos Imagen-27, pág. L)**

El material de este banco corresponde visualmente arena con grava de baja compresibilidad color rojizo del tipo **A-1-a (0)**. No posee Límite Líquido ni índice de plástico, sus partículas pasan 94% el tamiz de 1 1/2", 51% el tamiz N°.4, y 8% el tamiz N°.200. El PVS máx. es de 2,325 kg/m³, su humedad optima de 9.5%, su PVSS es de 1,288 kg/m³, y su Factor de Abundamiento de 1.40. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de **61, 86 y 94%**, respectivamente. **(Ver Anexos, Tabla 109, Pág. XLIX)**

Los ensayos de Desgaste de los Ángeles dio como resultado 23% y el ensaye de Intemperismo acelerado dio como resultado 7.20%. **(Ver Anexos, Tabla 110, Pág. LI)**

Banco de Préstamo Bayardo Hurtado N°2, se localiza a 2.0 kilómetros al sureste de la estación inicial 0+000, a 30 metros lado izquierdo, en las coordenadas UTM WGS84 X= 579288, coordenada Y= 1480280. El propietario de este banco es el Sr. Bayardo Hurtado. El volumen aproximado de este banco es de 96,000 m³, sus dimensiones corresponden a 32 metro de altura, 58 metros de ancho, 52 metros de largo, Este banco ha sido usado. **(Ver anexos Imagen-28, pág. LII)**

El material de este banco corresponde visualmente a arena con limo y grava color café claro tipo **A-1-a (0)**. Su límite liquido de 17% y un índice plástico de 5%, sus partículas pasan 100% el tamiz de 2", 49% el tamiz No.4, y 5% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 1,826 kg/m³, su humedad optima de 10.8%, su PVSS es de 1,013 kg/m³, y su Factor de Abundamiento de 1.33. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de **43, 55 y 67%**, respectivamente. **(Ver Anexos, Tabla 109, Pág. XLIX)**. El ensaye de Desgaste de los Ángeles dio como resultado 27%, el ensayo de Intemperismo dio 8.5%. **(Ver Anexos, Tabla 111, Pág. LIII)**

Imagen- 2: Ubicación de bancos de materiales existentes.



Fuente: Fuente: Alcaldía municipal de Condega- Laboratorio EDICO.

4.4.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar

➤ Consideraciones para la base

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas requiere materiales de gran calidad y resistencia. Por lo tanto, deben de cumplir las especificaciones mínimas de la NIC-2019 que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 34: Normativa para material base granular.

BASE		
ENSAYO	REQUERIMIENTOS	NORMA DE PRUEBA
Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
Índice de Plasticidad	0% Máx. (NP)	AASHTO T-90
CBR	80% Mín.	AASHTO T-193
Desgaste de los Ángeles	35% Máx.	AASHTO T-96
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
Compactación	95% Próctor Modificado	AASHTO-191
Cumplir con requerimientos de granulometría (E) (Base) Cuadro 1003-6. Ver Anexos, Tabla-108, Pág. XLVIII.		

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003. 8 (inciso a y b, pág. 809-810 Doc).

4.4.2. Consideraciones para la subbase

Esta se puede definir como aquella capa que se coloca por debajo de la capa base y está alejada de las cargas que resiste directamente la capa de rodamiento, no se requieren materiales de gran resistencia como los de la capa base, por lo que su módulo de elasticidad es menor. Debe de cumplir las especificaciones mínimas de la NIC-2019 que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla-1: Especificaciones de los materiales para la subbase.

SUB-BASE		
Ensayo	Requerimientos	Norma de Prueba
Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
Índice de plasticidad	6% Max	AASHTO T-90
CBR	30% Mín.	AASHTO T-180
Desgaste de los Ángeles	35% Máx.	AASHTO T-96
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx.	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)
Cumplir con requerimientos de granulometría (B) (Subbase) Cuadro 1003-6./ AASHTO-T27		

Ver Anexos, Tabla-108, Pág. XLVIII.

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003. 8 (inciso a y b, pág. 809-810 Doc.).

4.5. Evaluación del Banco de préstamo N°1 propuesto para la capa base

El **Banco de préstamo Adolfo Benavidez N°1** posee un CBR al 95% Proctor modificado de 86% el más alto, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos establecidos por la Nic-2019, los cuales debe cumplir un banco para poder utilizarse como base granular. Ver tabla a continuación

Tabla 35: Evaluación Banco N°1 para la capa base.

Capa Base			
ensayo	requerimientos	Banco Adolfo Benavides N°1	valoración
Límite líquido	25% Máx.	No posee	cumple
Índice de Plasticidad	0% Máx.	No posee	cumple
CBR	80% Mín.	86%	cumple
Desgaste de los Ángeles	35% Máx.	23%	cumple
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	7.2%	cumple
Graduación			
75	100	100	Cumple
4.75	47-59	51	Cumple
0.075	4-8	8	Cumple

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003. 8 (inciso a y b, pág. 809-810- Doc).

El banco de préstamo **Adolfo Benavidez N°1** cumplió con el ensayo de desgaste de los ángeles, ensayo de Intemperismo acelerado según la sección 1003.8 de la NIC 2019. También, cumple con el parámetro mínimo del ensayo CBR al 95% próctor modificado (86%) y con los requisitos de graduación, este banco se puede utilizar como material base granular ya que cumplió con todas las normativas para su uso como material base.

4.6. Banco de préstamo N°1 propuesto para la capa subbase

El **Banco de préstamo Adolfo Benavides N°1**, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la Nic-2019, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como material subbase. Ver Tabla: 36, Pag.50

Tabla 36: Evaluación Banco N°2 para la capa subbase.

Capa subbase			
ensayo	requerimientos	Adolfo Benavides N°1	valoración
Límite líquido	25% Máx.	No posee	cumple
Índice de Plasticidad	6% Máx. (NP)	No posee	cumple
CBR	30% Mín.	86%	cumple
Desgaste de los Ángeles	35% Máx.	23%	cumple
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	7.2%	cumple
tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices (E)/Base	Banco Adolfo Benavides N°1	VALORACIÓN subbase
75	100	100	Cumple
4.75	40-60	51	Cumple
0.075	0-12	8	Cumple

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003. 8 (inciso a y b, pág. 809-810 Doc).

De acuerdo la **Tabla-36** el Banco de préstamo **Adolfo Benavides N°1** cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la Nic-2019 como lo son graduación, límite líquido, desgaste de los ángeles, intemperismo acelerado y CBR Proctor modificado al 95%, para utilizarse como fuente de material para la capa subbase granular.

El **Banco de préstamo Bayardo Hurtado N°2** posee un CBR de **55%** al 95% próctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la Nic-2019, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como material subbase.

Tabla 37: Evaluación Banco N°2 para la capa subbase.

Capa subbase			
ensayo	requerimientos	Banco Bayardo Hurtado N°2	valoración
Límite líquido	25% Máx.	17%	cumple
Índice de Plasticidad	6% Máx. (NP)	5%	cumple
CBR	30% Mín.	55%	cumple
Desgaste de los Ángeles	35% Máx.	27%	cumple
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	8.5%	cumple
tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices (E)/Base	Banco Bayardo Hurtado N°2	VALORACIÓN subbase
75	100	100	Cumple
4.75	40-60	49	Cumple
0.075	0-12	5	Cumple

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003. 8 (inciso a y b, pág. 809-810-8011 Doc).

De acuerdo la **Tabla 37, pág. 50** el Banco de préstamo **Bayardo Hurtado N°2** cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la Nic-2019 como lo son graduación, límite líquido, desgaste de los ángeles, intemperismo acelerado y CBR Proctor modificado al 95%, para utilizarse como fuente de material para la capa subbase granular.

4.6.1. Resultados de evaluación de material propuesto para base

Se evaluó el banco de préstamo banco **Adolfo Benavides N°1**, según las normativas de NIC-2019, conociendo que posee el CBR al 95% próctor modificado más alto (86%) de los bancos identificados, este cumple para utilizarse como material base granular. No se considerará estabilizar.

4.6.2. Resultados de evaluación de material propuesto para subbase

Se evaluaron los 2 bancos identificados (**Adolfo Benavides N°1, Bayardo Hurtado N°2**), según las normativas de la NIC-2019 Sección: 1003.8. tomo II inciso (a y b), para subbase granular, estos cumplen con los ensayos necesarios para poder utilizarse como material de la capa subbase granular.

En base a lo anterior los bancos de diseños propuestos quedan de la siguiente manera:

Tabla 38: Bancos Diseño seleccionados.

BANCO	CAPA	CONDICIÓN	RESISTENCIA	volumen
Adolfo Benavides N°1	Base	No estabilizado compactado al 95%	CBR 84%	72,716.0 m³
Bayardo Hurtado N°2	Subbase	No estabilizado compactado al 95%	CBR 55%	96,000.0 m³

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los bancos de diseños propuestos se utilizarán en el diseño de pavimento articulado (Adoquín) tomando en consideración todos los parámetros que incorpora el método de la AASHTO-93.

4.7. Determinación del CBR de Diseño

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de Relación de Soporte de California, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad, densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASHTO T-193. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

La Metodología para la determinación del CBR de Diseño consiste en:

- 1) Identificar los Valores CBR de las muestras a utilizar.
- 2) Ordenar los Valores de Menor a Mayor.
- 3) Determinar la frecuencia de cada valor CBR así como el porcentaje de valores iguales o mayores.
- 4) Graficar los valores de CBR y los porcentajes calculados.
- 5) Estimar el CBR de diseño con la curva obtenida, utilizando el percentil de 75%, en dependencia del número de ejes equivalentes por carril de diseño.

4.7.1. CBR de la subrasante

Subrasante se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento en este caso articulado. Para determinar el CBR de la subrasante se utilizaron las profundidades con respecto al terreno existente queda claro que los valores de CBR a utilizados son las de los suelos A-2-6(0) y A-2-4(0), A-2-5(0), y el material de relleno del banco N°2, los cortes utilizados fueron los generados por el software Civil 3D 2022.

En los tramos donde hay corte se seleccionó la capa inmediata mientras que donde hay relleno se propuso material del banco de préstamo **Bayardo Hurtado N°2**, esto en dependencia de su ubicación y propiedades físico-mecánicas. Las muestras tomadas pueden verificarse en los **Anexos Tabla 112-113, Pag LIV-LV).**

Se realizó una tabla la cual presenta el resumen de las alturas de corte y relleno que genero el software Civil 3D para cada sondeo sobre la plataforma vial en base a la subrasante propuesta en planos. Ver tabla a continuación.

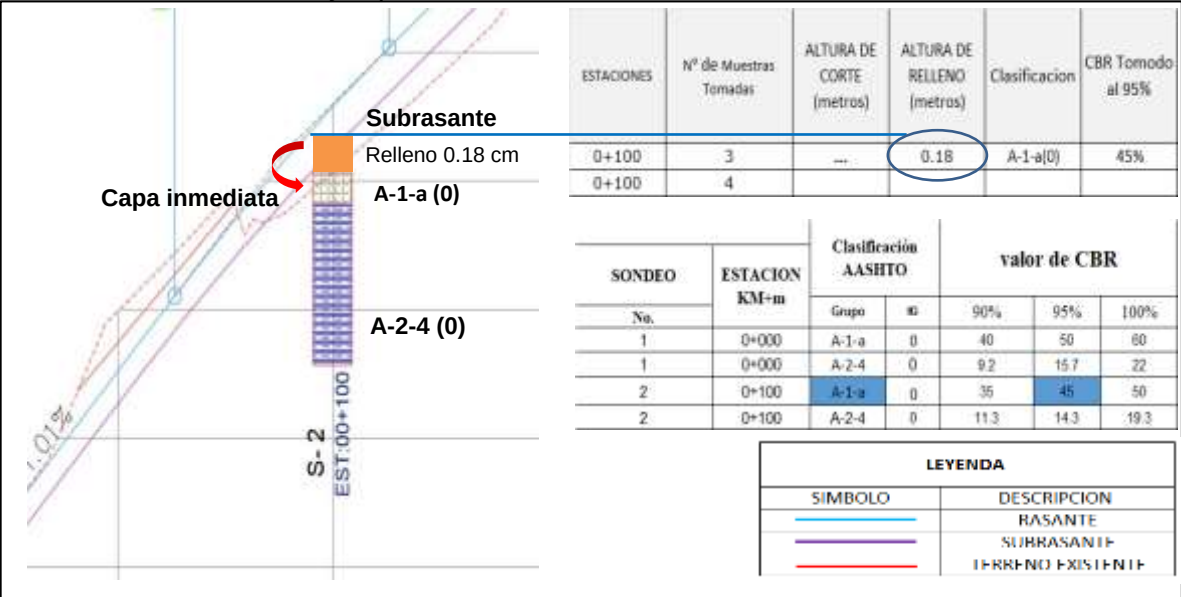
Tabla 39: Altura de corte y relleno de la subrasante.

Sondeo No.	Altura de Corte	Altura de Relleno	Tipos de Suelos tomados
S1-0+000	-	42 cm	Banco N°2
S2-0+100	-	18 cm	Banco N°2, A-1-a(0)
S3-0+200	51 cm	-	A-2-4(0)
S4-0+300	-	12 cm	Banco N°2, A-2-7(0)
S5-0+400	-	25 cm	Banco N°2
S6-0+500	-	18 cm	Banco N°2, A-1-b(0)
S7-0+600	5cm	-	A-2-6(0), A-2-7(0),
S8-0+700	43 cm	-	A-2-6(0)
S9-0+800	-	76 cm	Banco N°2
S10-0+900	-	163 cm	Banco N°2
S11-1+000	64 cm	-	A-2-6(0)
S12-1+100	3 cm	-	A-2-6(0)
S13-1+200	-	142 cm	Banco N°2
S14-1+300	114 cm	-	A-2-5(0)
S15-1+400	70 cm	-	A-2-5(0)

Fuente: Elaborado por Sustentante.

A continuación, se presenta un ejemplo demostrativo de la selección de la muestra estación 0+100, sondeo N°2.

Tabla 40: Ejemplo de toma de muestra en base a subrasante.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En base al grafico anterior se conoce que hay un relleno de 18 centímetros de espesor por lo que se selecciona la capa inmediata el suelo tipo **A-1-a (0)** considerando una profundidad máxima de 0.20 metros para su selección, ya que, las cargas puntuales de los ejes de los vehículos no llegaran más allá de esta profundidad, en este caso se toma la muestra y su valor CBR al 95% Proctor modificado de **45%**.

Tomando en consideración el proceso anterior, se realizó un consolidado de los valores de CBR de diseño tomados y el tipo de suelo al que corresponde el material existente en la subrasante. Ver tabla a continuación

Tabla 41: Selección de CBR de diseño para la subrasante.

CLASIFICACIÓN AASHTO T-180	CBR AL 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJES
A-2-4, (0)	12	1	19	100.0%
A-1-b, (0)	12.9	1	18	94.7%
A-2-7, (2)	13	1	17	89.5%
A-2-6, (0)	14.5	1	16	84.2%
A-2-6, (1)	16.9	1	15	78.9%
A-2-6, (0)	17.2	1	14	73.7%
A-2-6, (0)	23.8	2	13	68.4%
A-2-5, (0)	38	2	11	57.9%
A-1-a, (0)	45	1	9	47.4%
A-1-a, (0) banco N°2	55	8	8	42.1%
Total		Se tomaron 19 muestras del total de 33.		

Elaborado por Sustentantes.

Posterior se aplicó el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de Diseño de la subrasante, el cual recomienda tomar un valor adecuado, ya sea de **60%, 75% o el 87.5%**, tomando en consideración que el ESAL's previsto por el carril de diseño previsto será de **697,644.00** por tanto, para el estudio en análisis se tomó percentil de **75%**, tal y como se indica en la tabla 42 pág. 55.

Tabla 42: 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 de ESAL ´s	75%
> de 1,000,000 ESAL ´s	87.5%

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991, pág. 168.

Teniendo los valores CBR de menor a mayor, los porcentajes de las cantidades iguales o mayores y definido el percentil (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 **19.60%**. **Ver Gráfico-7. Pag 56**

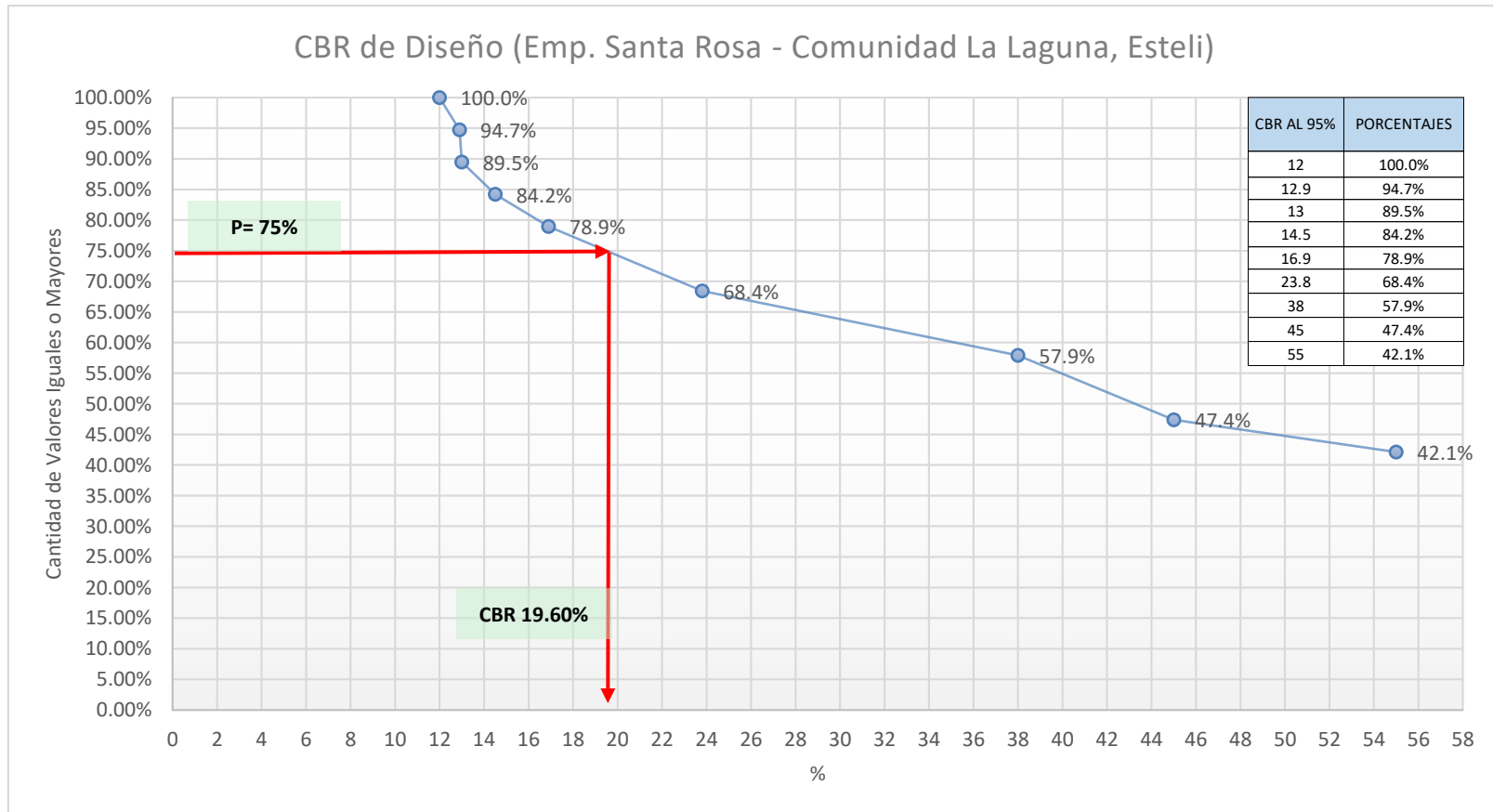
El cual de acuerdo con la clasificación de CBR de la **Tabla 43**, clasifica a la subrasante existente como buena, como se muestra a continuación:

Tabla 43: Clasificación del CBR.

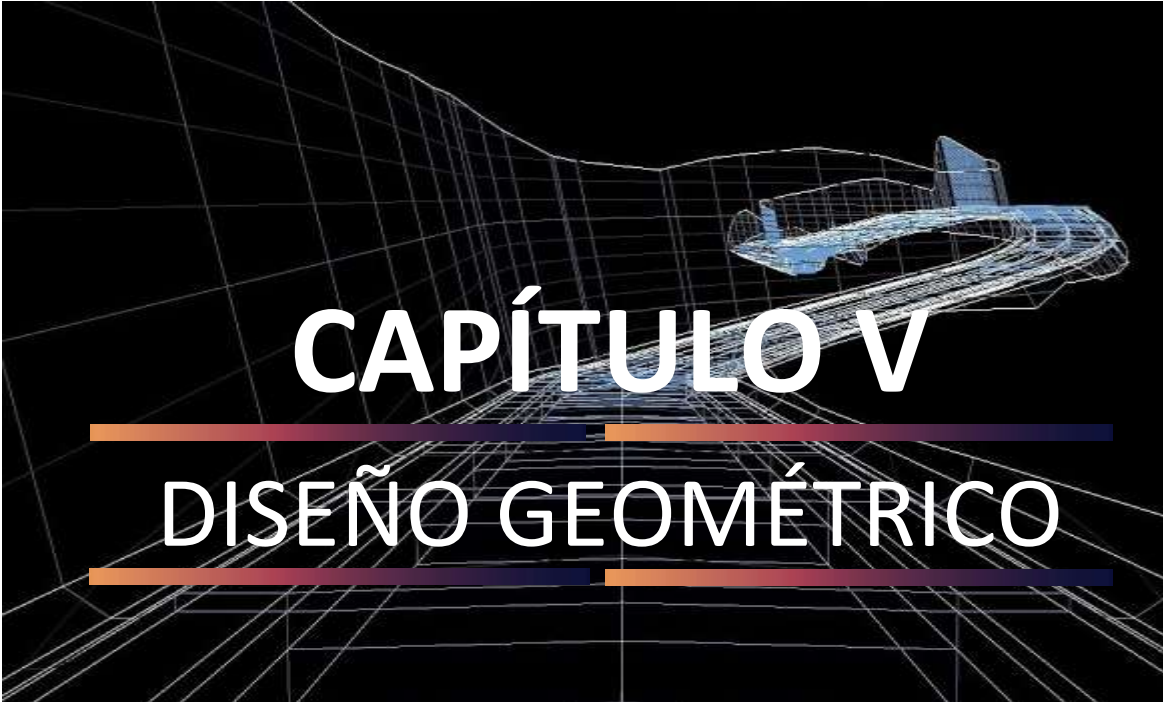
CBR	CLASIFICACIÓN
0-5	Subrasante mala
5-10	Subrasante regular
10-20	Subrasante buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones Crespo Villalaz, C. (2004).

Gráfico 7: Estimación del CBR de diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentante



CAPÍTULO V

DISEÑO GEOMÉTRICO



AUTODESK
CIVIL3D



UNÍ RUACS - 2023

5.1. Introducción

El diseño geométrico de una carretera está compuesto por tres elementos bidimensionales que se ejecutan de manera individual, pero dependiendo unos de otros, y que al unirlos finalmente se obtiene un elemento tridimensional que corresponde a la vía propiamente. Estos tres elementos, que se muestran en la, son:

- **Alineamiento horizontal:** compuesto por ángulos y distancias formando un plano horizontal con coordenadas norte y este.
- **Alineamiento vertical:** compuesto por distancias horizontales y pendientes dando lugar a un plano vertical con abscisas y cotas.
- **Diseño transversal:** consta de distancias horizontales y verticales que a su vez generan un plano transversal con distancias y cotas.

5.2. Metodología

Las normas de Diseño Geométrico que se implementarán serán contenidas en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (2011, 3ra Edición). Se hará uso del software Civil 3D año 2022, el cual servirá de apoyo para el diseño geométrico de la vía, optimizando en gran medida el trabajo y documentación de planos.

5.3. Ubicación geográfica de la vía

El proyecto se ubica una zona Rural en el departamento de Estelí y corresponde a la ruta actual que comunica al casco urbano de Condega y las comunidades de Santa Rosa y La laguna. El inicio del Subtramo (**Est. 0+000**), de camino se localiza a **14.9 kilómetros** del municipio de Condega.

5.4. Clasificación funcional de la vía

La aplicación del criterio de clasificación funcional de las carreteras es útil dividir la red vial en segmentos de características similares en función de la demanda expresada por el TPDA.

Según los resultados obtenidos en el capítulo III, el tramo de carretera presenta volúmenes de tránsito entre 100 a 500 vehículos (TPDA=480 Veh/día) y de acuerdo con la sección típica propuesta contara con dos (2) carriles, localizada en una zona rural. Considerando los criterios antes mencionados la clasificación funcional será Local Rural (LR).

Tabla 44: Sistema de clasificación funcional.

Función	Clase de carretera	Nomenclatura	TPDA	Número de Carriles
Arteria Principal	Autopista	AA	> 20,000	6-8
	Arteria Rural	AR	10,000-20,000	4-6
	Arteria Urbana	AU	10,000-20,000	4-6
Arteria Menor	Arteria Menor Rural	AMR	3,000-10,000	2
	Arteria Menor Urbana	AMU	3,000-10,000	2
Colectora Mayor	Colectora Mayor Rural	CMR	10,000-20,000	4-6
	Colectora Mayor Urbana	CMU	10,000-20,000	4-6
Colectora Menor	Colectora Menor Rural	CR	500-3,000	2
	Colectora Menor Urbana	CU	500-3,000	2
Local	Local Rural	LR	100-500	2
	Local Urbana	LU	100-500	2
	Rural	R	<100	1-2

Fuente: SIECA-2011(Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, p. 33).

5.5. Criterios de diseño

Considerando que en el **capítulo III**, se determinaron las características del tránsito entre las cuales destacan el volumen, tipo de vehículo y la velocidad, los cuales nos sirvieron para establecer criterios de diseño tales como:

5.5.1. Vehículo de diseño

Debido a las dimensiones tan variables de los vehículos, que circulan por la carretera, en base a los resultados obtenidos en el aforo vehicular, se estableció como vehículo representativo el camión **SU** (C3 clasificación según MTI), dado que este destaca por ser el que tiene mayores dimensiones físicas y de radios de giros mayores, ideal para diseñar con estándares altos que proporcionen mayor seguridad vial.

5.6. Criterios de diseño

Considerando que en el **capítulo III**, se determinaron las características del tránsito entre las cuales destacan el volumen, tipo de vehículo y la velocidad, los cuales nos sirvieron para establecer criterios de diseño tales como:

5.6.1. Vehículo de diseño

Debido a las dimensiones tan variables de los vehículos, que circulan por la carretera, en base a los resultados obtenidos en el aforo vehicular, se estableció como vehículo representativo el camión **SU** (C3 clasificación según MTI), dado que este destaca por ser el que tiene mayores dimensiones físicas y de radios de giros mayores, ideal para diseñar con estándares altos que proporcionen mayor seguridad vial. **(Ver anexos imagen-29, pág. LVI)**

Tabla 45: Dimensiones del vehículo de diseño.

Tipo vehículo	Símbolo	Altura	Ancho	Largo	Voladizo Delantero	Voladizo trasero	WB1	WB2
Vehículo Liviano	P	1.3	2.1	5.8	0.90	1.50	3.40	
Camión	SU	4.10	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	
Bus	BUS	3.70	2.60	12.20	1.80	2.60	7.30	
Bus Articulado	BUS-14	3.40	2.60	18.30	3.10	6.70	5.90	
Cabezal con semirremolque	WB-15	4.10	0.60	16.80	0.60	4.50	10.80	
Cabezal con semirremolque	WB-19	4.10	2.60	20.90	0.90	0.60	4.50	10.80
Cabezal con semirremolque	WB-20	4.10	2.60	22.40	1.20	1.40-0.80	6.60	13.20-13.80

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 38).

5.6.2. Velocidad de diseño (VD)

Para establecer la velocidad de diseño (VD), se tomó en consideración la Condiciones del terreno (Ondulado – Montañoso, Pendiente predominante entre 5 -15%), el uso de la tierra adyacente (derecho de vía de 15 metros) y tipo de área (Local Rural, 100-500 Veh/día). Por lo tanto, se decidió adoptar una velocidad de diseño de **40km/h (VD)**, ya que entra dentro del rango de velocidades bajas aplicables para vías locales y vecinales (20-60km/h, según Sieca-2011, p.56). En la tabla 45, p.56, se muestra la velocidad promedio de ruedo (VD):

Tabla 46: Velocidad de ruedo promedio en base a velocidad de diseño.

Velocidad de diseño (VD)	Velocidad de Ruedo (VR)
20	20
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 85).

5.7. Elementos de la sección transversal

La Sección Transversal de una carretera o calle en área urbana, muestra sus características geométricas, según un plano normal vertical a la superficie que contiene el eje de la carretera o calle. A continuación, se muestra cada uno de los componentes de la que estará compuesta:

5.7.1. Número de carriles

Según lo recomendado por la Tabla-44, p.58, para una vía con una clasificación funcional de **Local Rural (LR)**, se recomienda un máximo de **2 carriles**.

5.7.2. Ancho de carril de rodamiento

Dado las condiciones del tramo, la propuesta de un ancho de carril de **3.00 metros** por sentido, es el más adecuado dado las restricciones de derecho de vial sobre el tramo, el cual ofrecerá condiciones óptimas de circulación para el vehículo de diseño (**SU**).

5.7.3. Corona o plataforma

En nuestro caso se propuso un ancho de corona de **7.30 metros**, compuesto por **2 carriles de 3.00 metros** por sentido, bordillo de concreto de **0.15 metros** por sentido, hombro de **0.50 metros** por sentido y cunetas tipo II de **1.15 metros** de ancho. *Ver Imagen 16, pág. 97*

5.7.4. Superficie de rodamiento

La superficie de rodamiento está contemplando el uso de adoquín tipo cruz, con una resistencia a la compresión de 3,500 PSI y un peso promedio de 9.5 Kilogramos.

5.7.5. Pendiente transversal

En cuanto al bombeo transversal, se adoptó una pendiente de **3.00%**, un valor adecuado para este tipo de pavimento (Adoquín tipo cruz, 3500 PSI).

5.7.6. Pendiente de hombro

La pendiente de los hombros será la misma proyectada para el bombeo normal, un valor de pendiente de **3.00%**.

5.8. Elementos de diseño

Según la SIECA (2011, 3er edición), las distancias de visibilidad, la sobreelevación o peralte, el ancho de calzada, los alineamientos horizontal y vertical y algunos otros, son elementos comunes para todas las clases de calles y carreteras. Dichos elementos de diseño son fundamentales para efectuar el diseño geométrico:

5.8.1. Distancia de visibilidad

Para los fines de diseño del proyecto hemos considerado dos distancias: La distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de rebase.

5.8.1.1. Distancia de visibilidad de parada

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto adelante de su recorrido la distancia de visibilidad de parada en su primer componente, d_1 , se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática:

$$D_p = 0.278 * V * t + \frac{V^2}{254.14(f \pm P)} \quad \text{Ec.7}$$

Donde:

V: velocidad de diseño (Km/h).

t: tiempo de reacción (segundos)

f: coeficiente de fricción.

P: pendiente (%).

Para una velocidad de diseño de **40 km/h**, el resultado del coeficiente de fricción (f), es de **0.40**, tal y como se muestra en la tabla-47:

Tabla 47: Coeficiente de fricción en función de la Velocidad.

<i>Velocidad de Diseño (Km/h)</i>	<i>Velocidad de Marcha (Km/h)</i>	<i>Tiempo de percepción (s)</i>	<i>Distancia de Reacción (m)</i>	<i>Coeficiente de fricción (f)</i>
30	30 - 30	2.5	20.8 – 20.8	0.40
40	40 - 40	2.5	27.8 – 27.8	0.38
50	47 - 50	2.5	32.6 – 34.7	0.35
60	55 - 60	2.5	38.2 – 41.7	0.33
70	67 - 70	2.5	43.8 – 48.6	0.31
80	70 - 80	2.5	48.6 – 55.6	0.30
90	77 - 90	2.5	53.5 – 62.4	0.30
100	85 - 100	2.5	59.0 – 69.4	0.29

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2004, p.4-28).

Para una velocidad de diseño de **40 km/h**, el resultado de distancia de visibilidad de parada (DVP), es de **50.0 metros**, tal y como se muestra en la tabla-48:

Tabla 48: Distancia de Visibilidad parada en función de la Velocidad.

<i>Velocidad de Diseño (Km/h)</i>	<i>Distancia de Reacción (m)</i>	<i>Distancia de Frenado (m)</i>	<i>Distancia de Visibilidad parada</i>	
			<i>Calculada (m)</i>	<i>Diseño (m)</i>
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004.

5.8.1.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento

La distancia de visibilidad de adelantamiento equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la velocidad de proyecto. La distancia de visibilidad de adelantamiento (DVA), está compuesta por:

- La distancia preliminar de demora (**d1**), se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$d1 = 0.278 t1 [(v - m + a(\frac{t1}{2}))] \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde:

t1 = Tiempo de maniobra inicial (segundos).

v = velocidad promedio del vehículo de Adelantamiento (km/h).

m = Diferencia de velocidad entre el vehículo que rebasa y el rebasado (km/h).

a = Aceleración promedio del vehículo que rebasa (km/h).

- Distancia de adelantamiento (**d2**) expresado por:

$$d2 = 0.278 v t2 \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

v= velocidad promedio del vehículo que ejecuta el adelantamiento, kilómetros por hora

t2= Tiempo de ocupación del carril opuesto, segundos.

- La Distancia de Seguridad (**d3**), la experiencia ha demostrado que valores entre 35 y 90 metros son aceptables para esta distancia.
- La Distancia recorrida por el vehículo que viene en el carril contrario (**d4**), es práctica corriente fijar esta distancia en dos tercios (2/3) de la distancia d2.

5.8.1.3. Resultado de distancia de visibilidad para CV-1

Para realizar los cálculos de distancia de visibilidad, se tomó como ejemplo la curva vertical-1, se utilizaron los siguientes datos:

DATOS DE CURVA VERTICAL:

Curva=	Columpio
Est. PVI=	0+045.09
f =	0.38
V _D =	40 Km/h
P =	3.48 %
a ₁ =	3.2 m / Seg ²
a ₂ =	2.25 m / Seg ²
t ₁ =	3.6 Seg
m =	15 Km/h
t ₂ =	9.3 Seg.
d ₃ =	40 metros
d ₄ =	97 metros

a- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA, CV-1=

$$D_p = 0.278 * V * t + \frac{V^2}{254.14(f \pm P)} \quad \text{Ec.10}$$

$$D_p = 0.278 * (40) * (2.5) + \frac{(40)^2}{254.14(0.38+0.0348)} = 42.96 \text{ m} \cong 50 \text{ metros}$$

b- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO, CV-1=

d1 (Distancia de demora):

$$d1 = 0.278 t1 [(v - m + a(\frac{t1}{2})] \quad \text{Ec. 11}$$

$$d1 = 0.278 * 3.6 [(40 - 15 + 2.25(\frac{3.6}{2})]$$

$$d1 = 29.10 \text{ metros.}$$

d2 (Distancia de adelantamiento):

$$d2 = 0.278 v t_2 \quad \text{Ec. 12}$$

$$d2 = 0.278 * (40) (9.3)$$

$$d2 = 103.42 \text{ metros.}$$

d3 (Distancia de Seguridad): es de **60 metros**.

d4 (Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario):

$$d4 = \left(\frac{2}{3}\right) d2 \quad \text{Ec. 13}$$

$$d4 = \left(\frac{2}{3}\right) 103.42$$

$$d4 = 68.94 \text{ metros}$$

Por consiguiente, la Distancia de Visibilidad de adelantamiento (**Da**), queda establecida de la siguiente forma:

$$Da = d1 + d2 + d3 + d4 \quad \text{Ec. 14}$$

$$Da = 29.10 + 103.4 + 60 + 68.94$$

$$Da = 261.44 \text{ metros} \cong 270 \text{ metros}$$

Los resultados se ajustan a lo recomendado por la Sieca-2011, tal y como se muestra en la **tabla 49**:

Tabla 49: Distancia de Adelantamiento para carreteras de dos carriles.

<i>Velocidad de Diseño (Km/h)</i>	<i>Distancia mínima de Adelantamiento (m)</i>
30	200
40	270
50	345
60	410
80	485
90	540
100	615
110	617
120	695

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, pág.125.

5.9. Alineamiento horizontal

Las principales consideraciones que controlan el diseño del alineamiento horizontal son:

- Categoría de la carretera.
- Topografía del área.
- Velocidad de Proyecto.
- Distancias de visibilidad.
- Coordinación con el perfil.
- Costos de construcción, operación y mantenimiento.

5.9.1. Coeficiente de fricción lateral (f)

Para el caso del proyecto en estudio, para la velocidad establecida de 40 Kilómetros/hora, le corresponde un valor $f = 0.23$.

Tabla 50: Coeficiente de fricción lateral en función de la velocidad.

<i>Velocidad de Diseño (Km/h)</i>	<i>Factor de Fricción Máxima (f)</i>
30	0.28
40	0.23
50	0.19
60	0.17
70	0.15
80	0.14

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 89.

5.9.2. Sobreelevación máxima

Se estableció una Sobreelevación o peralte máximo del **8.0 %** porque se considera que está pendiente no presenta ningún inconveniente relacionado con la construcción, operación y mantenimiento del tipo de vía.

Tabla 51: La sobreelevación o peralte según tipo de área.

<i>Tasa de Sobreelevación e (%)</i>	<i>Consideración por Área.</i>
12	Nieve o Hielo
10	Áreas Rurales Montañas
8	Áreas Rurales Onduladas
4	En áreas Urbanas

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 83.

5.9.3. Radio mínimo.

Una vez establecido el máximo factor de sobreelevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se calcularon utilizando la fórmula siguiente, que es la siguiente:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e+f)} \quad \text{Ec. 15}$$

Dónde:

R = Radio mínimo de curva, en metros

e = Tasa de sobreelevación en fracción decimal.

f = Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

V = Velocidad de diseño, en kilómetros por hora.

5.9.4. Grado de curva

El grado de curva o de curvatura (**G_c**), es el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 100 pies ó de 20 metros, según el sistema de medidas utilizado, se utiliza la siguiente expresión para el cálculo:

$$G_c = \frac{1145.92}{R} \text{ (Grados Decimales).} \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

R = Radio mínimo de curva, en metros.

Para una Velocidad de Diseño de **40 km/h** y un peralte máximo de **8.00%**, en la tabla-52 se muestran los valores recomendados por la Sieca-2011:

Tabla 52: Radios mínimos y grados máximos de Curvas para distintas velocidades.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima (f)	Peralte Máximo 8%		
		Radio (m)		Grado de Curva
20	0.35	7.3	7	163° 42´
30	0.28	19.7	20	57° 18´
40	0.23	40.6	41	27° 57´
50	0.19	72.9	73	15° 42´
60	0.17	113.4	113	10° 08´
70	0.14	167.8	168	06° 49´
80	0.14	229.1	229	05° 00´

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 89.

Radio mínimo y grado máximo de la curvatura:

$$R_{\min} = \frac{40^2}{127 (0.08 + 0.23)}$$

$$R_{\min} = 41.00 \text{ metros.}$$

Para una velocidad de **40 Kilómetros/hora**: sustituyendo en la **ecuación 15**, se obtuvo un radio mínimo de **41.0** metros.

Grado de curvatura:

$$G_c = \frac{1145.92}{R}$$
$$G_c = \frac{1145.92}{41.00} = 27^\circ 57'$$

5.9.5. Máxima pendiente relativa

La máxima pendiente relativa varia con la velocidad de diseño, para proveer longitudes largas en velocidades altas y longitudes cortas en velocidades bajas. De acuerdo con la tabla-52, en base a la velocidad de 40 km/h se determinó un valor de pendiente relativa equivalente de **1:143**, cuyo porcentaje es de 0.70%.

Tabla 53: Máximas pendientes relativas.

<i>Diseño (km/h)</i>	<i>Pendiente relativa máxima (%)</i>	<i>Pendiente relativa máxima equivalente</i>
20	0.80	1:125
30	0.75	1:133
40	0.70	1:143
50	0.65	1:154
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.47	1:200
90	0.44	1:213
100	0.41	1:227

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 94.

5.9.6. Resultados de alineamiento horizontal

En el tramo se trazaron 16 curvas horizontales, de las cuales 5 poseen radios menores a 100 metros y 8 poseen radios entre 100 y 500 metros. El radio de curvatura de mayor importancia se ubicada entre las estaciones **0+876.464** y **0+920.23**, con un Radio de **50 metros**.

A continuación, se presentan los resultados de estacionamientos obtenidos para la curva horizontal (**PI-8**):

DATOS DE CURVA HORIZONTAL:

R= 50 m

VD= 40 Km/h

Δ= 50° 09' 8.28"

EST PI= 0+899.86

DATOS A CALCULAR:

Lc= Longitud de curva

Ts = Tangente

Es= External

PC= Principio de Curva

PT= Principio de Tangente

Ts= Tangente

Mo= Media Ordenada

PM= Punto Medio de la Curva

Longitud de curva:

$$L_c = \frac{\Delta R \pi}{180} \quad \text{Ec. 17}$$

$$L_c = \frac{(50^\circ 09' 8.28'') * (50) * 3.1416}{180} = 43.766m$$

Externa:

$$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) \quad \text{Ec. 18}$$

$$E = 50 * \left(\frac{1}{\cos \frac{50^\circ 09' 8.28''}{2}} - 1 \right) = 5.203m$$

Longitud de cuerda:

$$Lcd = 2 * R \sin \frac{\Delta}{2} \quad \text{Ec. 19}$$

$$Lcd = 2 * (50) * \sin \left(\frac{50^\circ 09' 8.28''}{2} \right) = 42.382$$

Media Ordenada:

$$Mo = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad \text{Ec. 20}$$

$$Mo = 50 * \left(1 - \cos \left(\frac{50^\circ 09' 8.28''}{2} \right) \right)$$

$$Mo = 4.713m$$

Tangente:

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2} \quad \text{Ec. 21}$$

$$T = (50) * \tan \left(\frac{50^\circ 09' 8.28''}{2} \right) = 23.396m$$

$$T = 23.396m$$

Componentes de la Curva (PI-7):**Estación de PC (Principio de Curva):**

$$\text{EST PC} = \text{Est PI} - Tg \quad \text{Ec. 22}$$

$$\text{EST PC} = 899.86 - 23.396$$

$$\text{EST PC} = 0+876.464$$

Estación de PM (Punto medio de la curva):

$$\text{EST. PM} = \text{EST. PC} + (Lc/2) \quad \text{Ec. 23}$$

$$\text{EST. PM} = 0+876.464 + (42.382/2)$$

$$\text{EST. PM} = 0+897.66$$

Estación de PT (Principio de tangente):

$$\text{EST PT} = \text{Est PC} + Lc \quad \text{Ec. 24}$$

$$\text{EST. PT} = 0+876.464 + 43.766$$

$$\text{EST. PT} = 0+920.23$$

A continuación, en la tabla-54, se presentan los resultados del alineamiento horizontal para las 16 curvas trazadas a lo largo del tramo:

Tabla 54: Datos generales de curvas horizontales.

<i>PI</i>	Δ	<i>R</i>	<i>Tg</i>	<i>Mo</i>	<i>E</i>	<i>Lc</i>	<i>Lcd</i>	<i>EST PI</i>	<i>EST PC</i>	<i>EST PM</i>	<i>EST PT</i>
1	46 57' 36.1054"	150.00	48.016	7.141	48.016	92.940	91.461	0+090.84	0+042.82	0+088.555	0+135.76
2	49 43' 14.5792"	1000.00	36.485	0.665	36.485	72.938	72.921	0+190.73	0+154.24	0+190.706	0+227.18
3	44 16' 11.1020"	500.00	28.421	0.806	28.421	56.780	56.750	0+314.72	0+286.30	0+314.674	0+343.08
4	85 44' 32.8181"	1000.00	18.442	0.170	18.442	36.880	36.878	0+417.86	0+399.41	0+417.857	0+436.29
5	01 11' 52.9469"	100.00	12.846	0.815	12.846	25.552	25.483	0+641.82	0+628.97	0+641.716	0+654.53
6	22 50' 30.1834"	70.00	21.952	3.207	21.952	42.545	41.893	0+702.94	0+680.99	0+701.935	0+723.54
7	10 07' 27.1290"	100.00	41.972	7.793	41.972	79.478	77.402	0+810.74	0+768.77	0+807.469	0+848.25
8	43 15' 58.2596"	50.00	23.396	4.713	23.396	43.766	42.382	0+899.86	0+876.46	0+897.655	0+920.23
9	46 57' 36.1054"	150.00	13.608	0.613	13.608	27.142	27.105	0+948.38	0+934.77	0+948.505	0+961.91
10	49 43' 14.5792"	80.00	14.431	1.271	14.431	28.556	28.404	0+990.88	0+976.45	0+990.831	1+005.01
11	44 16' 11.1020"	200.00	13.687	0.467	13.687	27.332	27.311	1+032.55	1+018.86	1+032.699	1+046.19
12	85 44' 32.8181"	200.00	13.714	0.469	13.714	27.385	27.363	1+074.50	1+060.78	1+074.648	1+088.17
13	01 11' 52.9469"	200.00	13.330	0.443	13.330	26.620	26.601	1+113.69	1+100.36	1+113.841	1+126.98
14	22 50' 30.1834"	70.00	15.423	1.640	15.423	30.361	30.123	1+211.84	1+196.42	1+211.669	1+226.78
15	10 07' 27.1290"	90.00	40.406	7.895	40.406	75.957	73.723	1+315.14	1+274.73	1+311.776	1+350.69
16	43 15' 58.2596"	200.00	22.676	1.273	22.676	45.159	45.064	1+412.29	1+389.61	1+412.596	1+434.77

Fuente: Sustentantes-Autodesk Civil 3D-2022.

5.9.7. Peralte (ed)

Cuando los vehículos atraviesan las curvas horizontales, estos experimentan una fuerza centrífuga que tiende a sacarlo de la carretera; este problema se lo ha solucionado dándole una inclinación adecuada a la calzada de tal forma que la componente de su peso que es paralela a la calzada contrarreste el efecto de la fuerza centrífuga.

$$ed = \frac{e_{m\acute{a}x}}{(G_{m\acute{a}x})^2} (2 * G_{m\acute{a}x} - G_c) * G_c \quad \text{Ec. 25}$$

$$G_{c_{m\acute{a}x}} = \frac{145,692.26 * (e_{m\acute{a}x} + f)}{V^2} \quad \text{Ec. 26}$$

Dónde:

V = Velocidad de Diseño, km/h.

R = Radio mínimo, m.

Rc = Radio de la curva, m.

f: Coeficiente de fricción lateral, S/D.

emax= Sobreelevación máxima, m / m.

Gcmáx= Grado de curvatura máximo.

Gc= Grado de curvatura.

Se procedo a calcular el grado de curvatura para la **Curva # 8**(PI 8), con un Radio de curva de **50 metros**, utilizando la **ecuación 16** el resultado es:

$$G_c = \frac{1145.92}{R_c}$$
$$G_c = \frac{1145.92}{50} = 22.918 \approx 22^\circ 55'4.8''$$

Se procedo a calcular el grado de curvatura máximo para la **Curva # 8**(PI 8), utilizando la **ecuación 26** el resultado es:

$$G_{c_{\text{máx}}} = \frac{145,692.26 * (e_{\text{máx}} + f)}{V^2}$$

$$G_{c_{\text{máx}}} = \frac{145,692.26 * (0.08 + 0.23)}{(40)^2} = \mathbf{28.228} \approx 28^\circ 13' 40.8''$$

Se precedió a calcular el peralte para la **Curva # 8**(PI 8), utilizando la **ecuación 25** el resultado es:

$$ed = \frac{0.08}{(28.228)^2} [2(28.228) - 22.918] * 22.918$$

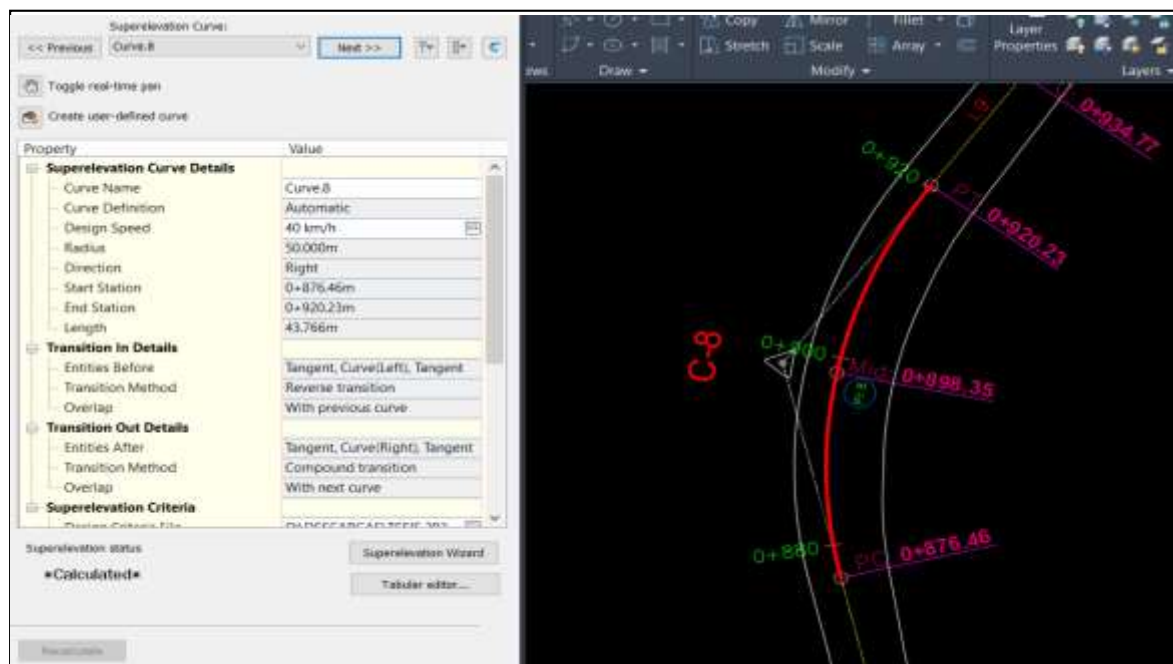
$$ed = 0.077 \times 100 \approx 7.7\%$$

En la **Tabla 114, pág. LVII** se presentan los resultados obtenidos para proyección de peraltes en el tamo.

5.9.8. Resultado de Peralte en Civil-3D

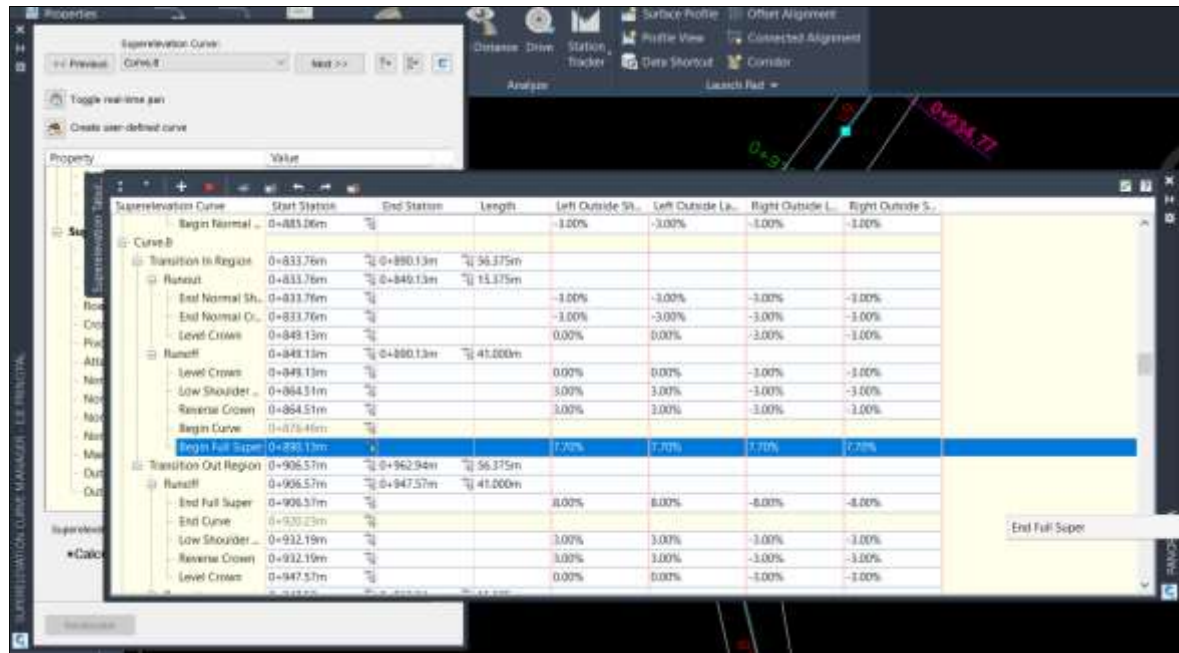
Se precedió a comprobar el resultado de peralte para la **Curva # 8**(PI 8), a través del software Civil-3D-2022

Imagen- 3: Detalles de peralte de Curva # 8(PI 8).



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Imagen- 4: Resultado de Peralte Curva # 8(PI 8).



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

5.9.9. Sobre anchos en curvas

Se adoptarán los sobre anchos en cada una de las curvas horizontales, de acuerdo con la SIECA, considerando que los conductores experimentan dificultades en mantener los vehículos en el centro del carril porque estos utilizan un espacio mayor cuando transitan en curvas que cuando transitan en rectas. Una de las expresiones empíricas más utilizadas para calcular el sobreancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$Sa = n[R - (\sqrt{R^2 - L^2})] + \frac{0.10V}{\sqrt{R}} \quad \text{Ec. 27}$$

Donde:

Sa = Valor sobreancho, metros.

n = Número de carriles de la superficie de rodamiento, 2 carriles.

L = Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, 6.10 metros.

R = Radio de curvatura, 105 metros.

V = Velocidad de diseño de la carretera, 40 kilómetros / hora.

Se procedió a calcular el Sobreancho (**Sa**) para la **Curva N°8**:

$$Sa = 2[50 - (\sqrt{50^2 - 6.1^2})] + \frac{0.10(40)}{\sqrt{50}}$$

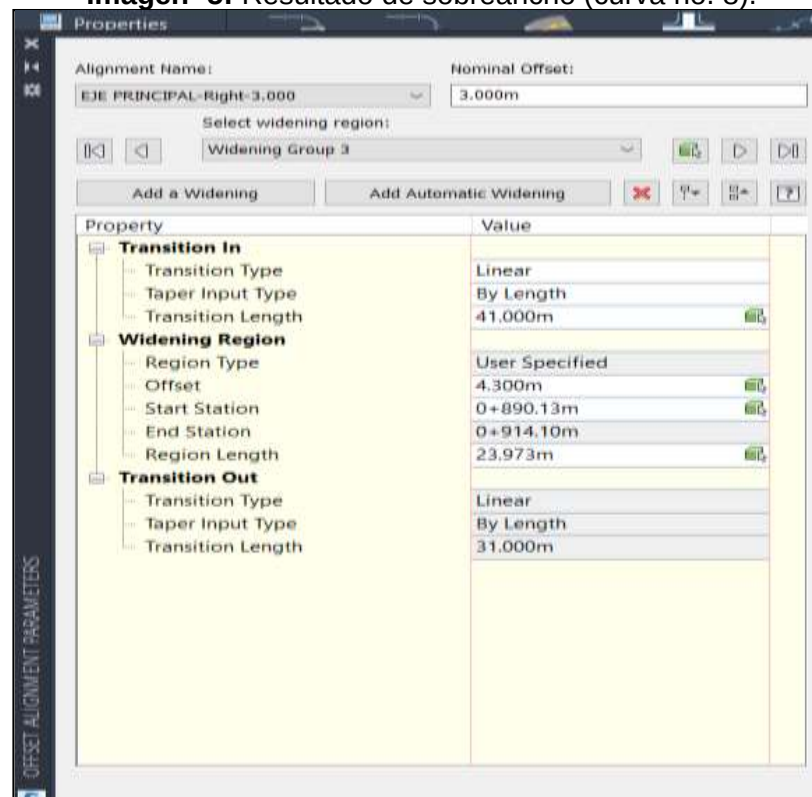
$$Sa = 1.30 \text{ metros.}$$

5.9.10. Resultado de Sobreancho en Civil-3D

Se adopto un Sobreancho (**Sa**) para la **Curva N°8** (PI 8), de 1.30 metros. A continuación, se muestra la comprobación del cálculo del sobreancho mediante el software Civil-3D:

Los resultados obtenidos para la curva No. 8 (**R:50.00 metros**), considerada por sus características como la de mayor importancia (Ver imagen-5).

Imagen- 5: Resultado de sobreancho (curva no. 8).



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

En la **Tabla 115, pág. LVIII**, se presentan los resultados obtenidos para proyección de sobreanchos en el tamo.

5.10. Diseño altimétrico del proyecto

En el diseño altimétrico del tramo, se proyectaron 12 curvas verticales (6 curvas verticales en Cresta y 6 en Columpio).

A continuación, se muestra los cálculos de control altimétrico para la **CV-11**:

Datos:

Est. PIV:	1+405.99	Vd:	40 Km/h
Elev. PIV:	499.725 m	K:	4.36
P1:	-11.97%	P2:	-0.50%

Δ (Diferencia de Pendiente):

$$\Delta = P1 - P2. \quad \text{Ec. 28}$$

$$\Delta = -11.97\% - 0.50\%$$

$$\Delta = -11.47\%.$$

Longitud de Curva Vertical Mínima que correspondería aplicar es **K = 4** (Sieca-2011, p125):

$$L_{cv} - 11 = K_{min}(\Delta) \quad \text{Ec. 29}$$

$$L_{cv} - 11 = 4(18.03\%)$$

$$L_{cv} - 11 = 72.12 \approx 73 \text{ m.}$$

En base a **K= 4.436** metros resultante para **CV-11**, la longitud de curva vertical es:

$$L_{cv} - 11 = K(\Delta) \quad \text{Ec. 30}$$

$$L_{cv} - 11 = 4.436(18.03)$$

$$L_{cv} - 11 = 79.98 \approx 80 \text{ m.}$$

Comprobación:

$$\Delta < 0 \quad \text{Ec. 31}$$

$$-18.03 < 0 \quad \underline{\text{Curva Vertical en Cresta o Convexa.}}$$

A continuación, se muestra los cálculos de control altimétrico para la **CV-12**:

Datos:

Est. PIV: 1+315.19 **Vd:** 40 Km/h

Elev. PIV: 510.595 m **K:** 4.436

P1: 11.97% **P2:** -0.50%

Δ (Diferencia de Pendiente):

$$\Delta = P1 - P2.$$

$$\Delta = 11.97 - 0.50$$

$$\Delta = 11.47\%.$$

Longitud de Curva Vertical Mínima que correspondería aplicar es **K = 4** (Sieca-2011, p125):

$$L_{cv} - 11 = K_{min}(\Delta)$$

$$L_{cv} - 11 = 4(11.47\%)$$

$$L_{cv} - 11 = 45.88 \approx 46m.$$

En base a **K= 4.436** metros resultante para **CV-11**, la longitud de curva vertical es:

$$L_{cv} - 11 = K(\Delta)$$

$$L_{cv} - 11 = 4.36(11.47)$$

$$L_{cv} - 11 = 50.0 m.$$

Comprobación:

$$\Delta > 0$$

$$11.47 > 0 \quad \underline{\text{Curva Vertical en Columpio o Cóncava.}}$$

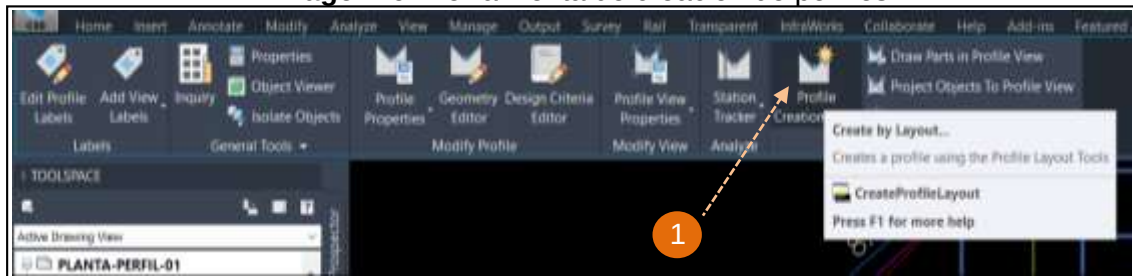
5.11. Alineamiento vertical en autodesk civil 3D

En este alineamiento se representan tanto el perfil del terreno natural como el perfil terminado del eje de la carretera, al cual se le llama rasante, o el perfil del eje terminado de la terracería, también conocido como subrasante. A continuación, se muestra los resultados de control altimétrico en civil-3D:

- **Crear un perfil:**

1. Clic en la ficha Inicio ► grupo Crear diseño ► elemento desplegable Perfil ► Herramientas de creación de perfiles (imagen-6).

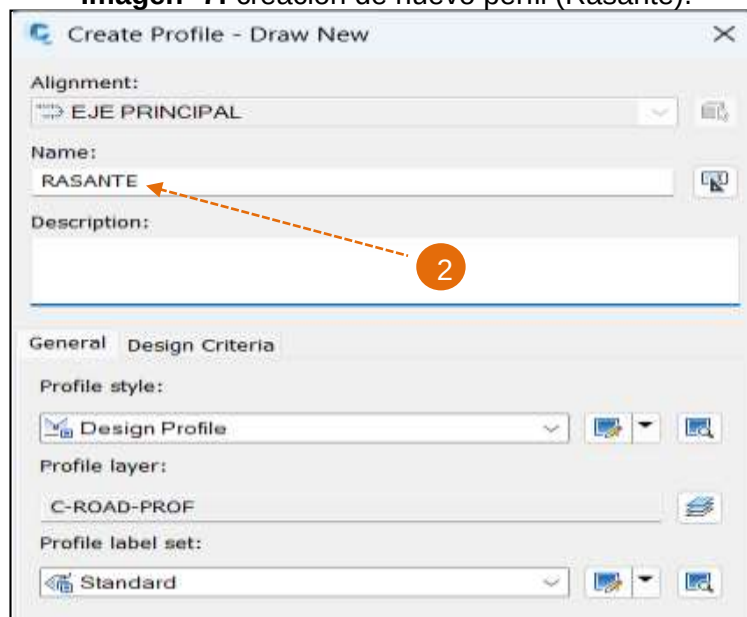
Imagen- 6: Herramienta de creación de perfiles.



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

2. En el cuadro de diálogo Crear perfil - Dibujar nuevo, introduzca un Nombre exclusivo para el perfil (imagen-7).

Imagen- 7: creación de nuevo perfil (Rasante).

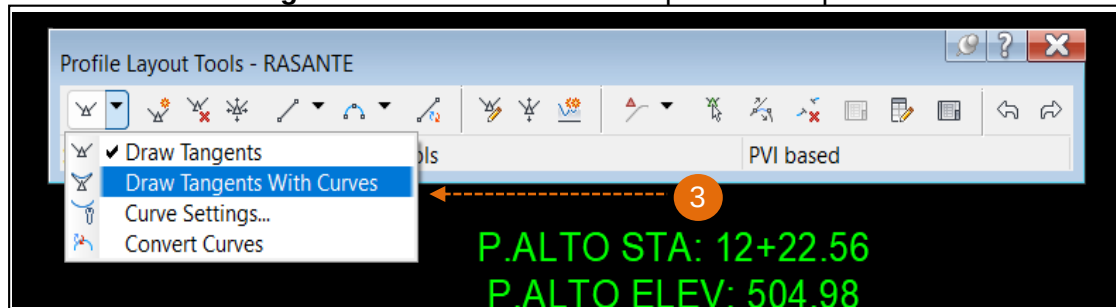


Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

3. Utilizando los comandos de la barra de Herramientas de composición de perfil para dibujar el perfil. Se utilizo el siguiente método para diseñar el perfil:

- El comando Dibujar tangentes con curvas permite precisar VAV para las tangentes, y crea automáticamente curvas entre las tangentes con los parámetros especificados (imagen-8).

Imagen- 8: Herramientas de composición de perfil.



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

En el perfil trazado (Rasante), se proyectaron 12 curvas verticales (6 curvas verticales en Cresta y 6 en Cumpio (imagen-9).

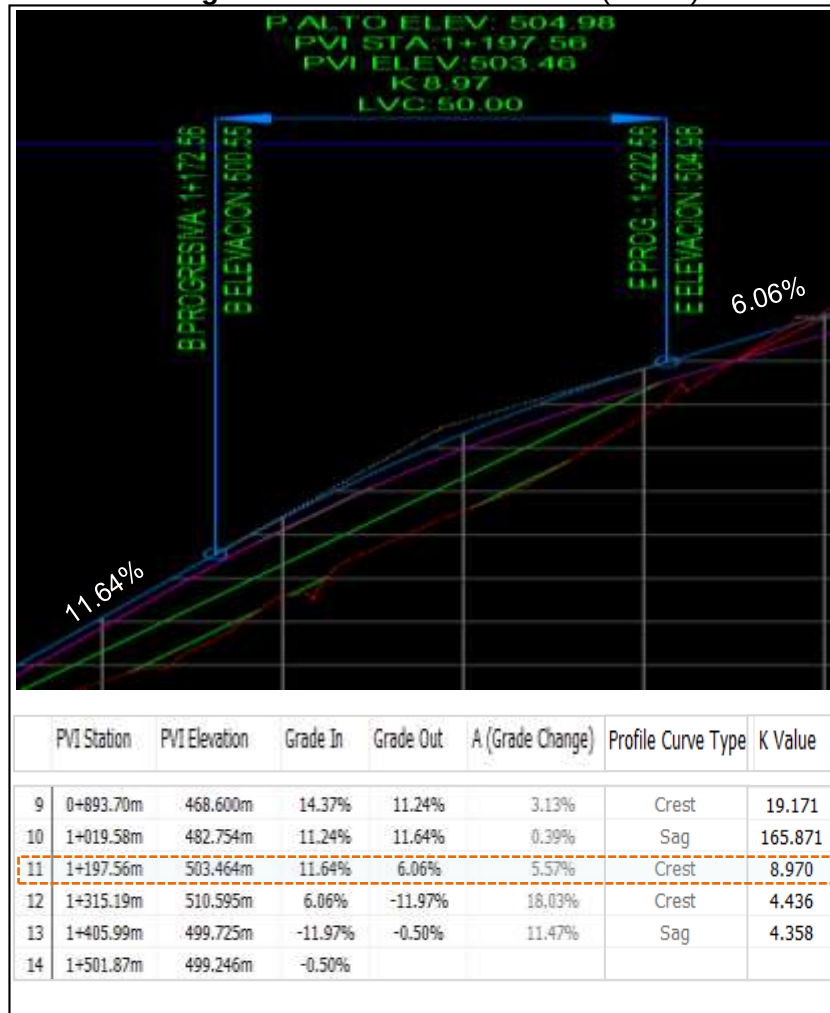
Imagen- 9: Curvas verticales trazadas.

No.	PVI Station	PVI Elevation	Profile Curve Type
1	0+000.00m	379.286m	
2	0+045.09m	382.681m	Sag
3	0+095.27m	388.206m	Crest
4	0+194.41m	396.452m	Sag
5	0+312.17m	407.155m	Crest
6	0+459.94m	414.111m	Sag
7	0+582.87m	428.857m	Crest
8	0+666.81m	435.987m	Sag
9	0+893.70m	468.600m	Crest
10	1+019.58m	482.754m	Sag
11	1+197.56m	503.464m	Crest
12	1+315.19m	510.595m	Crest
13	1+405.99m	499.725m	Sag
14	1+501.87m	499.246m	

Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Se proyectaron 6 curvas verticales en cresta. A continuación, se muestra el resultado de control altimétrico para la **CV-11** (imagen-10):

Imagen- 10: Curva vertical CV-11 (cresta).

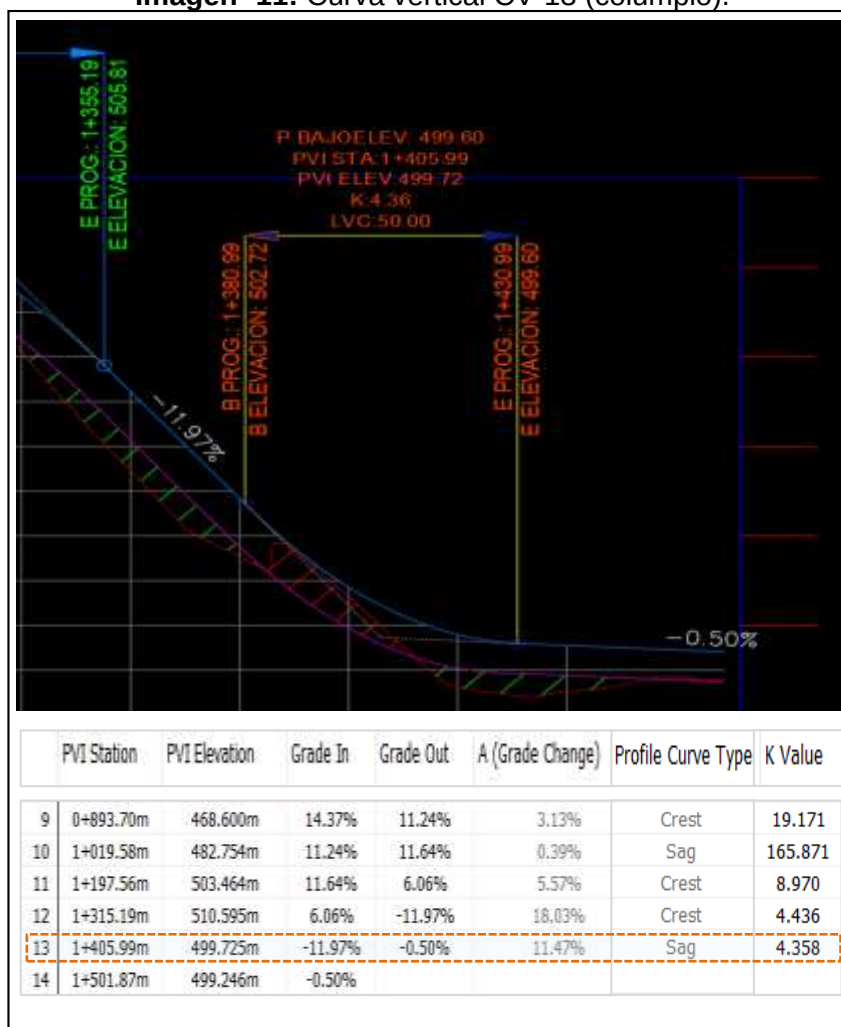


Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Los resultados del diseño altimétrico para la curva vertical (CV-11), son similares al mostrado en la seccion-5.9, p. 76, capítulo V.

Se proyectaron 6 curvas verticales en columpio. A continuación, se muestra el resultado de control altimétrico para la **CV-11** (imagen-11, p.81):

Imagen- 11: Curva vertical CV-13 (columpio).



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Los resultados del diseño altimétrico para la curva vertical (CV-13), son similares al mostrado en la seccion-5.9, p. 77, capítulo V.

A continuación, se presentan en la imagen-12, p.82, los resultados del diseño altimétrico del tramo, se proyectaron 12 curvas verticales (6 curvas verticales en Cresta y 6 en Columpio):

Imagen- 12: Alineamiento vertical.

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value	Curve Radius	Asymmetric Length 1	Asymmet
1	0+000.00m	379.286m		7.53%							
2	0+045.09m	382.681m	7.53%	11.01%	3.48%	Sag	35.000m	10.054	1005.373m		
3	0+095.27m	388.206m	11.01%	8.32%	2.69%	Crest	20.000m	7.425	742.521m		
4	0+194.41m	396.452m	8.32%	9.09%	0.77%	Sag	85.000m	110.245	11024.456m		
5	0+312.17m	407.155m	9.09%	4.71%	4.38%	Crest	50.000m	11.413	1141.286m		
6	0+459.94m	414.111m	4.71%	12.00%	7.29%	Sag	75.000m	10.289	1028.875m		
7	0+582.87m	428.857m	12.00%	8.49%	3.50%	Crest	35.000m	9.989	998.944m		
8	0+666.81m	435.987m	8.49%	14.37%	5.88%	Sag	50.000m	8.502	850.189m		
9	0+893.70m	468.600m	14.37%	11.24%	3.13%	Crest	60.000m	19.171	1917.076m		
10	1+019.58m	482.754m	11.24%	11.64%	0.39%	Sag	65.000m	165.871	16587.136m		
11	1+197.56m	503.464m	11.64%	6.06%	5.57%	Crest	50.000m	8.970	896.985m		
12	1+315.19m	510.595m	6.06%	-11.97%	18.03%	Crest	80.000m	4.436	443.598m		
13	1+405.99m	499.725m	-11.97%	-0.50%	11.47%	Sag	50.000m	4.358	435.793m		
14	1+501.87m	499.246m	-0.50%								

Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

A wireframe illustration of a road design on a black background. The road is represented by a grid of white lines that curve and twist, suggesting a complex, non-linear path. In the upper right, a small, stylized building or structure is also rendered in wireframe.

CAPÍTULO VI

DISEÑO DE PAVIMENTO

A topographic map with blue contour lines on a dark background. The map shows various elevation points and a network of roads or paths. The text "UNÍ RUACS - 2023" is centered over the map.

UNÍ RUACS - 2023

6.1. Introducción

Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimentos, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico.

6.2. Generalidades

El método de Diseño de Espesores de pavimento que se empleó para este estudio fue la AASHTO 1993, es el más usado y cuenta con técnicas de diseño para estructuras de pavimentos rígidos, semi-rígidos, flexibles y articulados. Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos introduce el concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO, y criterios de diseño ajustados a la Buena Práctica en Ingeniería (BPI).

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto hidráulico y adoquinado. Debido a su fácil manejo y otras características en este estudio se eligió adoquines, en todo caso resulta una alternativa económica y de fácil mantenimiento.

6.3. Consideraciones del Diseño AASHTO 93

6.3.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL)

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 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño $F=1$.

Al realizar el estudio de tránsito, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada vehículo clasificado se denomina ESAL de diseño. En el tramo en estudio, el ESAL de diseño es **697,644.00**

6.3.2. Confiabilidad (R)

La confiabilidad se define como la probabilidad de que el sistema de pavimento durante todo el período de diseño se comporte de manera satisfactoria bajo las condiciones de carga.

Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tránsito y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño.

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora Rural lo cual se muestra en la **Tabla 55**. Esta confiabilidad seleccionada de acuerdo con el grado funcional del tipo de la carretera presenta una desviación **Zr** de **-0.841**, lo cual se muestra en la **Tabla 56, Pág. 85**.

Tabla 55: 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
Colectoras	50-80	→ 50-80

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 195.

Tabla 56: 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, pág. 194.

6.3.3. Desviación estándar (So)

La desviación estándar aplicada en este modelo se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción de este. Para la estimación de la desviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito. En este estudio se tomó un valor de 0.45.

Tabla 57: 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, pág. 144.

6.3.4. Serviciabilidad o servicapacidad (P_o , P_t , ΔPSI)

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Para su determinación se realizan estudios de calidad en dependencia del tipo de carpeta de rodamiento a evaluar.

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

Tabla 58: Factores de Serviciabilidad.

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos	$P_t = 2.5$ o más para caminos principales
$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles	$P_t = 2.0$ para caminos de Tránsito menor

Fuente: Manual de Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA-2002, pág. 143).

Se decidió tomar una **serviciabilidad inicial** de **4.2** para pavimento (Articulado) y una **serviciabilidad final** de **2.0** considerando un volumen de vehículos bajo en el tramo. Por lo tanto, el valor de la pérdida de la Serviciabilidad sustituyendo la Ecuación N° 32:

$$\begin{aligned} \text{Pérdida de serviciabilidad } \Delta PSI &= 4.2 - 2.0 && \text{Ec. 32} \\ \Delta PSI &= 2.2 \end{aligned}$$

6.3.5. Coeficiente de Drenaje (m_i)

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante por 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 los miembros de los paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se muestra en la **Tabla 59**.

Tabla 59: 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, pág. 125.

En este estudio se consideró un coeficiente de drenaje **m=1.00**, dado que se asume que cada una de las capas que conforman el pavimento tendrá una buena capacidad para drenar el agua de la vía expuesto a un porcentaje de saturación cercanos al 25%. Ver tabla a continuación

Tabla 60: 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, pág. 125.

6.3.6. Módulo de resiliente de la subrasante (Mr)

En la guía de diseño AASHTO-93, el módulo resiliente reemplaza al CBR de diseño como variable para caracterizar la subrasante, subbase y base. El Módulo Resiliente (MR) es el resultado de un ensayo dinámico, y se define como la relación entre el esfuerzo repetido masivo ($\emptyset$) y la deformación axial recuperable ($\sum a$).

Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la subrasante. Ver tabla a continuación

Tabla 61: Correlación entre el CBR y módulo resiliente para sub-rasante.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1500 * CBR$ <u>Ec. 33</u>
CBR > 10%	$Mr = 4326 * \ln (CBR) + 241$ <u>Ec. 34</u>

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 60.

En este estudio se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante de **19.60%**, se utilizó la segunda correlación para calcular el Módulo Resiliente de la subrasante, por tanto:

$$Mr = 4326 \times \ln (CBR) + 241 \quad \text{Ec. 34}$$

$$Mr = 4326 \times \ln (19.60\%) + 241$$

$$Mr = 13,113.1 \text{ psi}$$

6.3.7. Coeficientes estructurales o de capa (a_n)

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_n), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN. Estos están representados con la siguiente simbología:

a₁: Para la carpeta de rodamiento (**Adoquín de concreto 3500 psi**).

a₂: Para la base granular (**Banco N°1**)

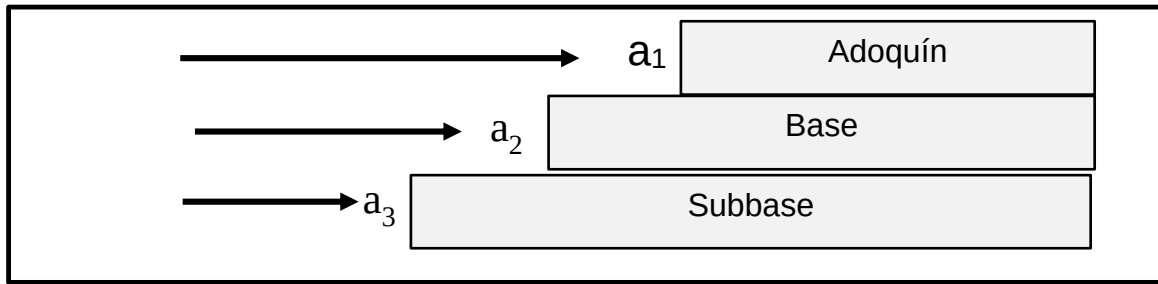
- (Est 0+000 Adolfo Benavides A-1-a, (0)), CBR al 95% de 86%.

a₃: Para la Subbase (**Banco N°2**)

- (Est 0+00, Bayardo Hurtado A-1-a (0)) CBR al 95% de 55%.

Ver Imagen-13, Pág. 89

Imagen 13: Coeficientes de capa para la estructura de pavimento.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

6.3.7.1. Coeficiente estructural a_1

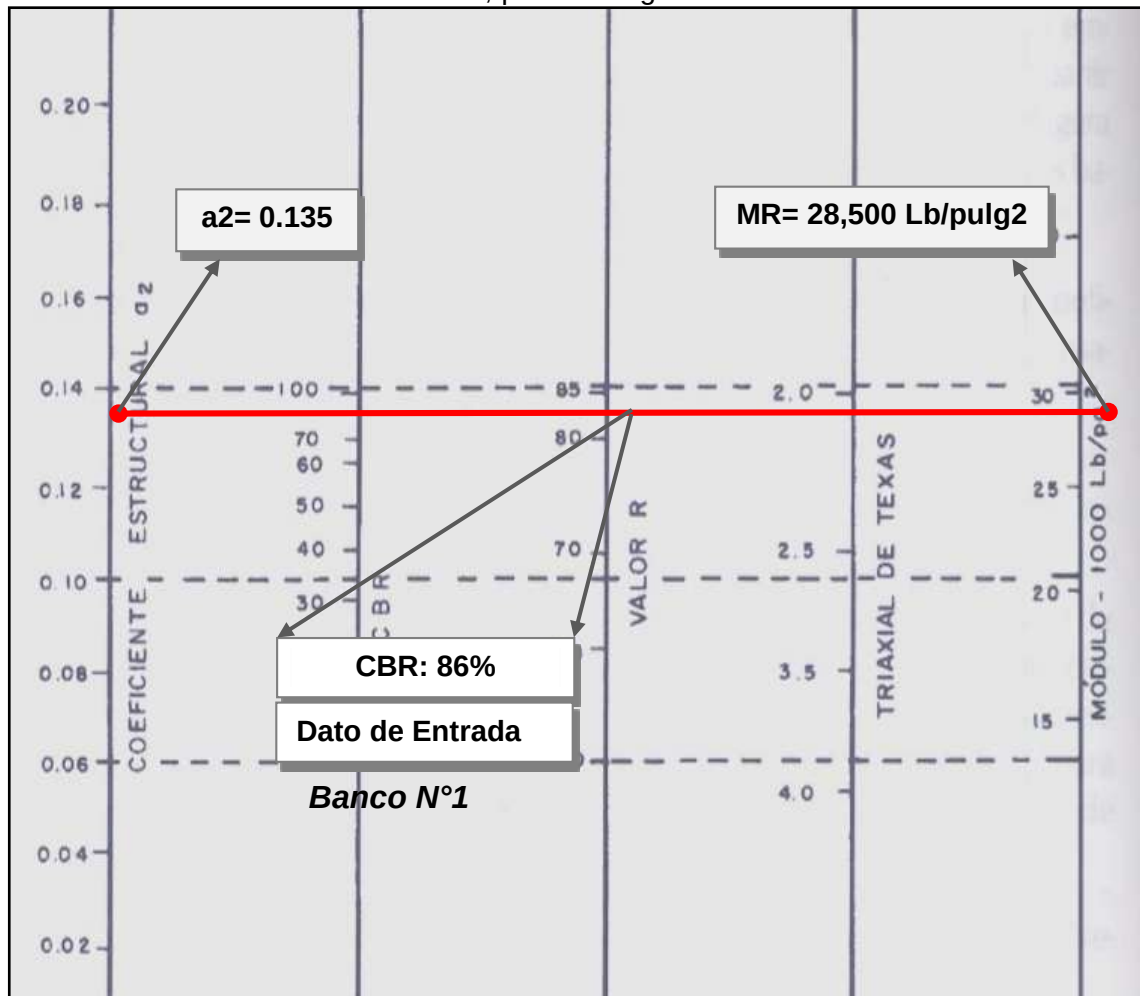
La capa de rodamiento estará conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que, debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de $a_1 = 0.45$, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107. El adoquín por utilizarse será tipo tráfico cuya resistencia será de 3500 PSI.

6.3.7.2. Coeficiente estructural a_2 para base granular

La determinación del coeficiente estructural a_2 se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993 Pág. 3-36 doc) y tomando como parámetro de entrada el valor CBR del banco de préstamo **Adolfo Benavides N°1**. El CBR del banco propuesto es de **86%** clasificado como un material de muy buena calidad, este corresponde a un material tipo **A-1-a (0)** con índice de grupo cero, de acuerdo con la línea horizontal trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_2 = 0.135$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de **$M_r = 28,500$ psi. (Ver Gráfico-8 pág. 90)**

Gráfico 8: Coeficiente estructural a_2 , para base granular.

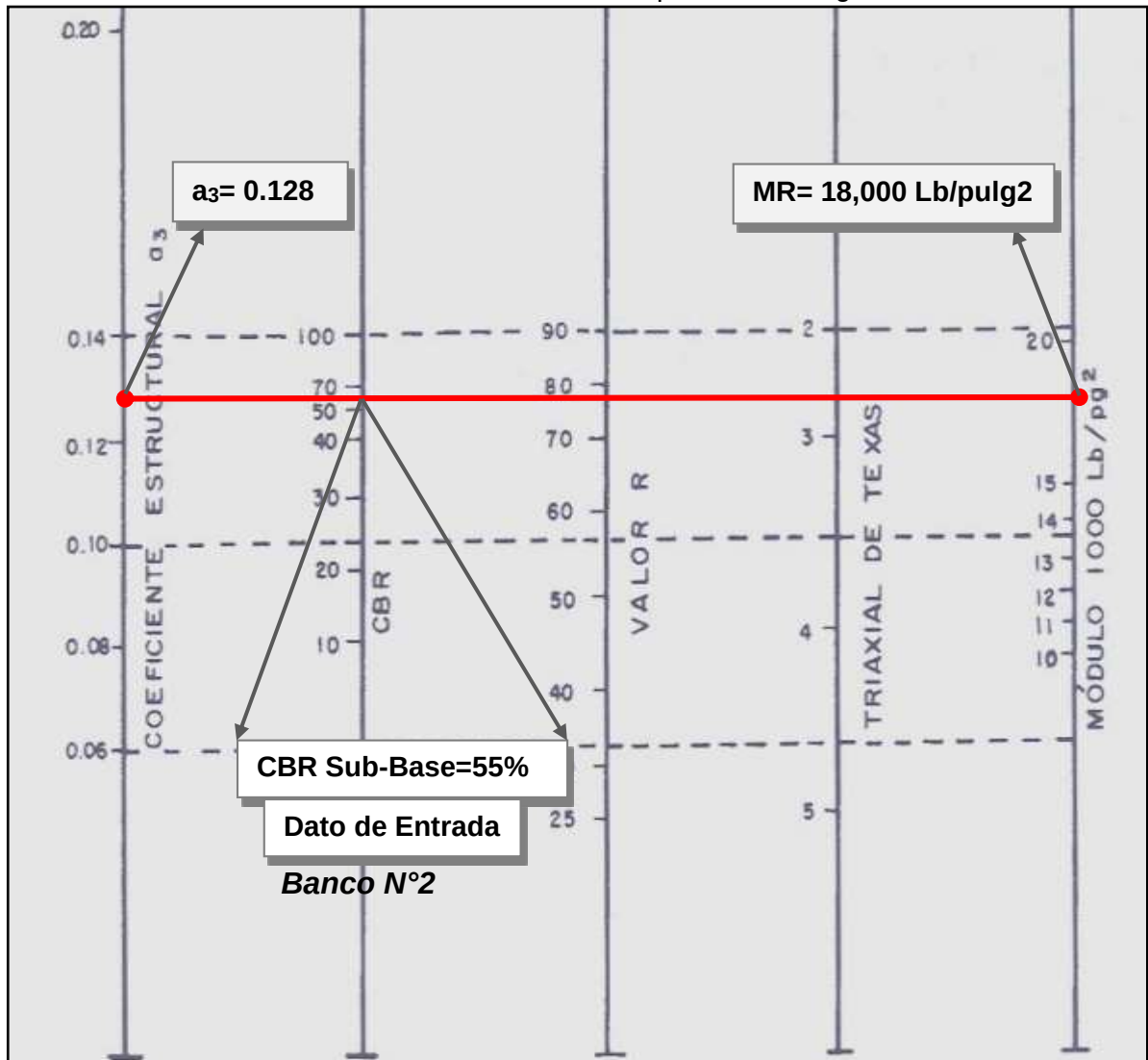


Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 3-34 doc-76 pdf.

6.3.7.3. Coeficiente estructural a_3 para subbase granular

La determinación del coeficiente estructural a_3 se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993 Pág. 3-35 doc) y tomando como parámetro de entrada el valor CBR del banco de préstamo **Adolfo Benavides N°2**. El CBR del banco propuesto es de **55%** clasificado como un material de muy buena calidad, este corresponde a un material tipo **A-1-a (0)** con índice de grupo cero, de acuerdo con la línea horizontal trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_3 = 0.128$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de **Mr = 18,000 psi.** (Ver Gráfico-9 pág. 91)

Gráfico 9: Coeficiente estructural a_3 , para subbase granular.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 3-35doc -76 pdf.

6.3.8. Números estructurales (SN)

Es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil. 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.

El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad \text{Ec. 35}$$

Dónde:

D₁, 2, 3= 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.

6.4. Cálculo de los números estructurales (SN₁, SN₂, SN₃)

El espesor D1 para nuestro caso está definido, debido que se utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto, **D₁= 4 pulgadas** y el coeficiente estructural **a₁: 0.45**. Se calcula el número estructural **SN₁** correspondiente a la capa de la siguiente forma:

Determinar SN₁

Teniendo en cuenta

$$SN_1 = a_1 * D_1 \quad \text{Ec. 36}$$

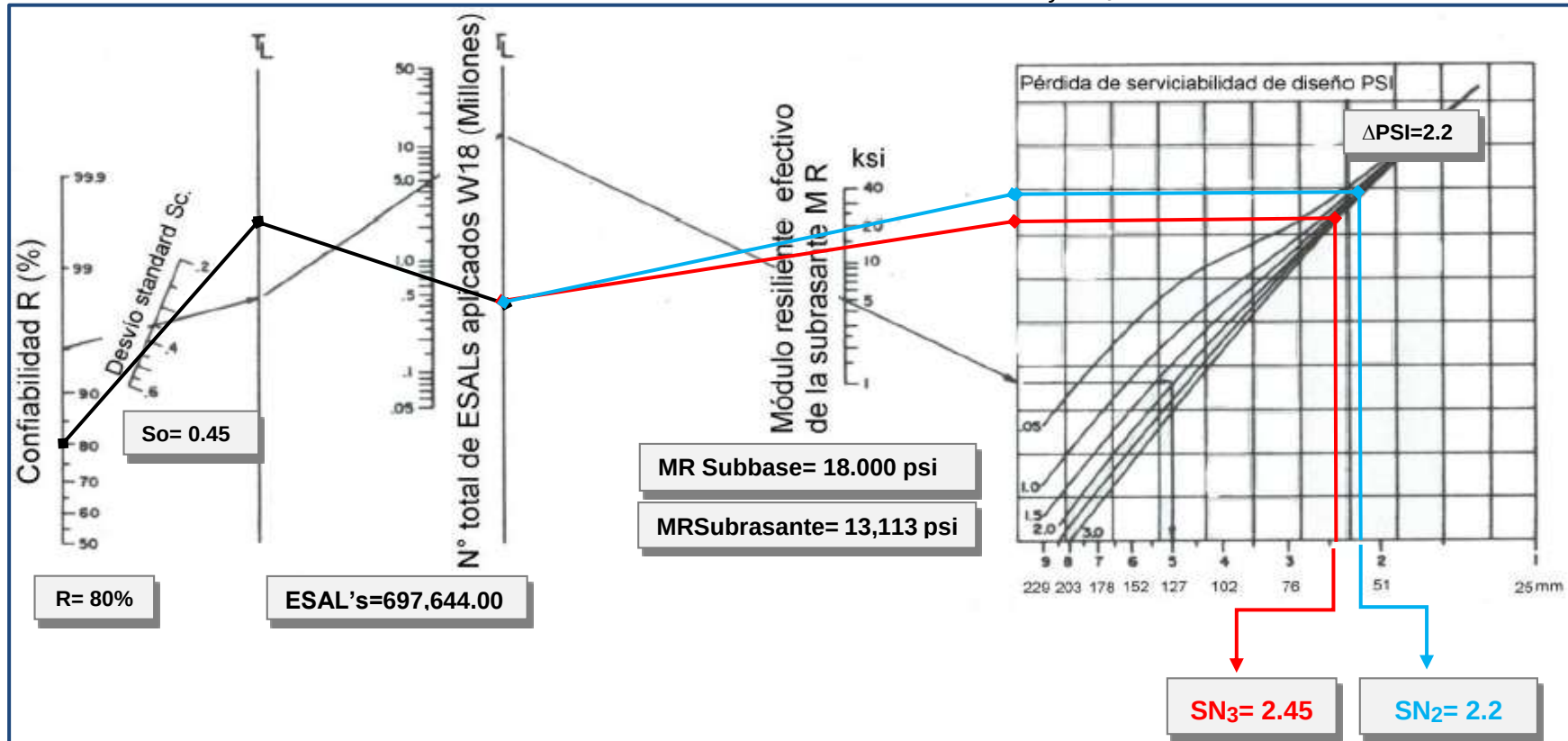
$$SN_1 = (0.45) \times (4.00)$$

$$SN_1 = 1.8 \text{ pulg.} \quad \text{Para protección de la base}$$

A continuación, se determinó los números estructurales requeridos para proteger cada capa, utilizando el módulo resiliente de la capa que se encuentra inmediatamente por debajo, por ejemplo, para obtener el espesor **D₂ (Base)** de la carpeta se considera el módulo resiliente (MR) de la capa subbase y así se obtiene el **SN₂** que será absorbido por la carpeta de Adoquín y capa base. **Ver a Grafico 10- pág. 93**

Para el cálculo de SN_2 y SN_3 ($SN_{requerido}$), se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993).

Gráfico 10: Obtención del número estructural SN_2 y SN_3 .



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 145.

De acuerdo con los módulos resilientes se obtiene: $SN_2 = 2.2$ pulg para proteger la base y $SN_3 = 2.45$ pulg para proteger la subbase.

Se procedió a realizar la comprobación de los números estructurales calculados anteriormente utilizando el **Software Ecuación AASHTO-93**, donde se demuestran que son correctos. Ver imágenes a continuación

Imagen 14: Comprobación del SN₃.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '80 % Zr=-0.841' and 'So' as 0.45. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial' as 4.2 and 'PSI final' as 2. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr' as 13113.1 psi. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 =' followed by the value 697644. The 'Número Estructural' section shows 'SN =' followed by the value 2.41, which is highlighted with a black box. At the bottom are 'Calcular' and 'Salir' buttons.

Fuente: Software Ecuación AASHTO-93.

Imagen 15: Comprobación del SN₂.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '80 % Zr=-0.841' and 'So' as 0.45. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial' as 4.2 and 'PSI final' as 2. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr' as 18000 psi. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 =' followed by the value 697644. The 'Número Estructural' section shows 'SN =' followed by the value 2.14, which is highlighted with a black box. At the bottom are 'Calcular' and 'Salir' buttons.

Fuente: Software Ecuación AASHTO-93.

6.5. Cálculo de los espesores del pavimento base (D2) y subbase (D3).

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de **SN1=1.8 pulg (Adoquín)**, se procede a calcular el espesor de la base granular.

Determinar el espesor para la base granular (D2):

$$SN_2 \text{ (Base)} \quad D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 * m_2) \quad \text{Ec. 37}$$

$$D_2 = (2.2 - 1.8) / (0.135 * 1.00)$$

$$D_2 = 2.96'' \text{ pulgadas. "No cumple con espesor mínimo"}$$

Comprobando espesor de la Base en función del $SN_3 = 2.45$.

$$D_2 = (SN_3 - SN_1) / (a_2 * m_2) \quad \text{Ec. 38}$$

$$D_2 = (2.45 - 1.8) / (0.135 * 1.00)$$

$$D_2 = 4.81'' \text{ pulgadas. ¡Requiere!}$$

Las **4.81** "pulgadas" será el espesor que se requiere para que **D₂** (Base), para que resista las tensiones verticales excesivas que producirán las deformaciones permanentes, comprobando este espesor de acuerdo con la **Tabla-62**, de espesores mínimos resulta que para el ESAL's de diseño de **697,644.0** se necesita como mínimo una base granular con un espesor de **6.00 pulgadas**. Por lo cual se procedió hacer la corrección en base al espesor mínimo sugerido por la AASHTO-93.

Tabla 62: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL 's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Asfalto	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	3	→ 6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 147.

Se recalcula el número estructural de la base utilizando el espesor sugerido de **6 pulgadas**:

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{Ec.39}$$

$$SN_2 = (0.135) * (6.00) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.810.$$

El número estructural (**SN₂**) corregido valor para la base resulta de 0.810.

SN₃ (Subbase granular)

$$D_3 = SN_3 - (SN_2 + SN_1) / (a_3 * m_3) \quad \text{Ec. 40}$$

$$D_3 = 2.45 - (0.810 + 1.80) / (0.128 * 1.00)$$

$$D_3 = -1.25 \text{ pulgadas.}$$

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

Comprobación:

$$SN_1 + SN_2 \geq SN \text{ Requerido} \quad \text{Ec. 41}$$

$$1.8 + 0.810 \geq 2.45$$

$$2.61 \geq 2.45 \quad \text{¡O. K CUMPLE!}$$

6.5.1. Espesores finales de diseño

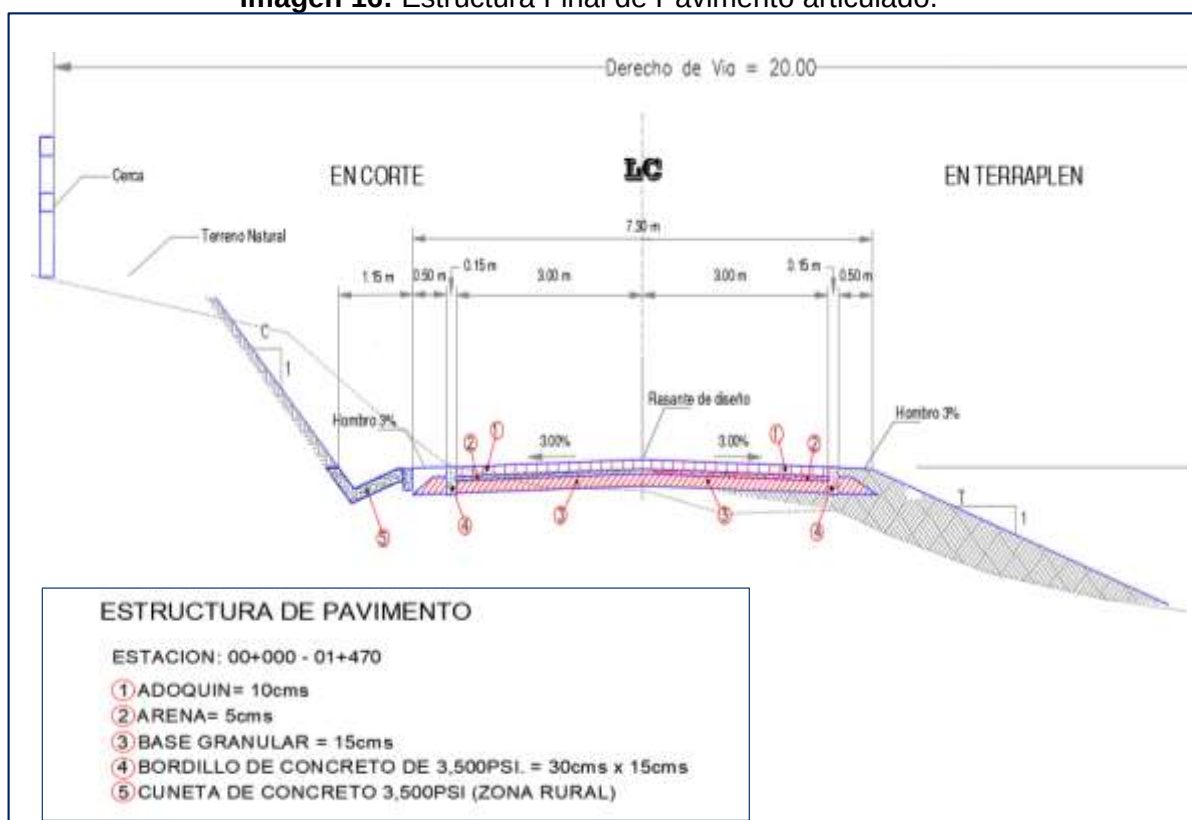
La estructura de pavimento articulado quedaría de la siguiente forma:

- **Adoquín (EAC= 3500 psi.) = 4 pulgadas**
- **Cama de arena= 2 pulgadas**
- **Base granular (MR=28,000 psi) = 6 pulgadas**

El total de la estructura de pavimento articulado para la comunidad empalme Santa Rosa comunidad -La Laguna es de 12 pulgadas equivalente a 30.48 centímetros, conformada por una cama de arena de 2" pulgadas una base granular de 6" pulgadas y su adoquín de 4" pulgadas con una resistencia de 3500 psi. **Ver anexos, Imagen 30, Pág. LIX**

A continuación, se realizó una imagen final del paquete estructural de pavimento

Imagen 16: Estructura Final de Pavimento articulado.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

6.6. Programa WinPAS 10 (Pavement Analysis Software)

Para verificar los resultados obtenidos anteriormente se procede a hacer uso del programa WinPAS (Pavement Analysis Software, versión 1.0.4), para el cual se requieren los siguientes datos:

Tabla 63: Datos para utilizar en WinPAS versión 1.0.4.

Datos Para Utilizar en WinPAS.	
Confiabilidad (R)	80%
Capacidad de Servicio Inicial (Po)	4.2
Capacidad de Servicio Final (Pt)	2.0
Pérdida de Serviciabilidad Δ PSI	2.2
Número de Ejes Equivalentes (ESAL's)	697,644.00
C.B.R. de Diseño	19.60%
Módulo Resiliente Sub-rasante (MRSr)	13,113.1PSI
Coeficiente de Drenaje ($m_{1,2,3}$)	1.00
Coeficiente de Capa a_1	0.45
Coeficiente de Capa a_2	0.135

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El primer paso es seleccionar la pestaña diseño/evaluación, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, en este caso se eligió la opción uno (1) de diseño/análisis de pavimento rígido.

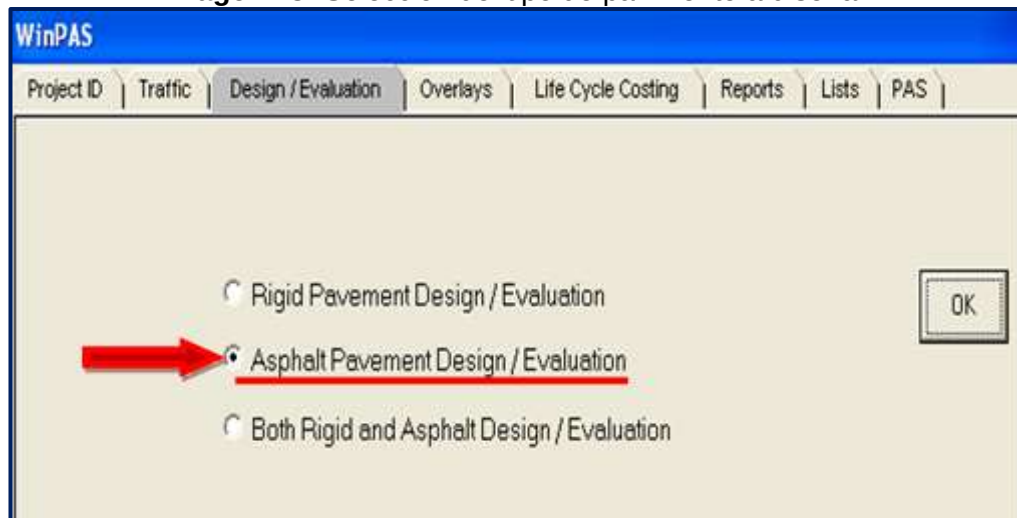
Imagen 17: Software de diseño WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

El primer paso es seleccionar la pestaña de diseño/evaluaciones, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, donde en este caso se tendrá que elegir la opción 2 de diseño/evaluaciones de pavimento asfáltico.

Imagen 18: Selección del tipo de pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño. No se debe escribir el número estructural, ya que este lo calcula el programa después de haber digitado el resto de los datos, dando click en la pestaña resolver (*Solve for*).

Imagen 19: Introducción de datos en WinPAS.

The image shows the 'Flexible Design Inputs' window. It has a table of input fields: 'Structural Number' (empty), 'Design ESAL' (697,644), 'Reliability' (80.00), 'Overall Deviation' (0.45), 'Soil Resilient Mod.' (13,113.1 psi), 'Initial Serviceability, Po' (4.20), and 'Terminal Serviceability, Pt' (2.00). To the right are buttons for 'Cross Section', 'OK', and a help icon. Below the table are 'Layer Determ.' and 'Solve For' buttons. A red warning box at the bottom says 'WARNING! Input Value Changed Press Solve For to Recalculate'. A yellow arrow points to the 'Solve For' button.

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Después de haber dado click en la pestaña *resolver* (*Solve for*). Según el software WinPAS se requiere un **SN=2.40**.

Imagen 20: Cálculo de SN requerido en WinPAS.

Flexible Design Inputs

Structural Number	2.40
Design ESAL	697,644
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.45
Soil Resilient Mod.	13,113.1 psi
Initial Serviceability, P_o	4.20
Terminal Serviceability, P_t	2.00

Buttons: Cross Section, OK, Layer Determ., Solve For

Solve For: Structural Number 2.40

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Lo siguiente será proponer la estructura de pavimento, entrando en la pestaña Layer Determ.

Imagen 21: SN requerido.

Layer Determ.

Solve For: Structural Number 2.26

Solve For

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Se procede a introducir los coeficientes estructurales (a_1 , y a_2), los coeficientes de drenaje (m_1 y m_2), y por último los espesores (D_1 y D_2). Se puede observar que,

al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen, ya que $\Sigma SN=2.61$, es mayor que el **SN requerido=2.40**.

Imagen 22: Introducción de layers de diseño.

Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient	Layer Thickness inches	Layer Struct No, SNI	Additional Thickness inches
ADOQUIN	0.45	1.00	4.00	1.80	
BASE	0.14	1.00	6.00	0.81	

ΣSN **2.61**
 SN Required **2.40**

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Procedemos a calcular el espesor para cada capa de la Estructura de Pavimento por medio del programa WinPAS, que de acuerdo con sus características estructurales proporcionen la capacidad correspondiente al Número Estructural.

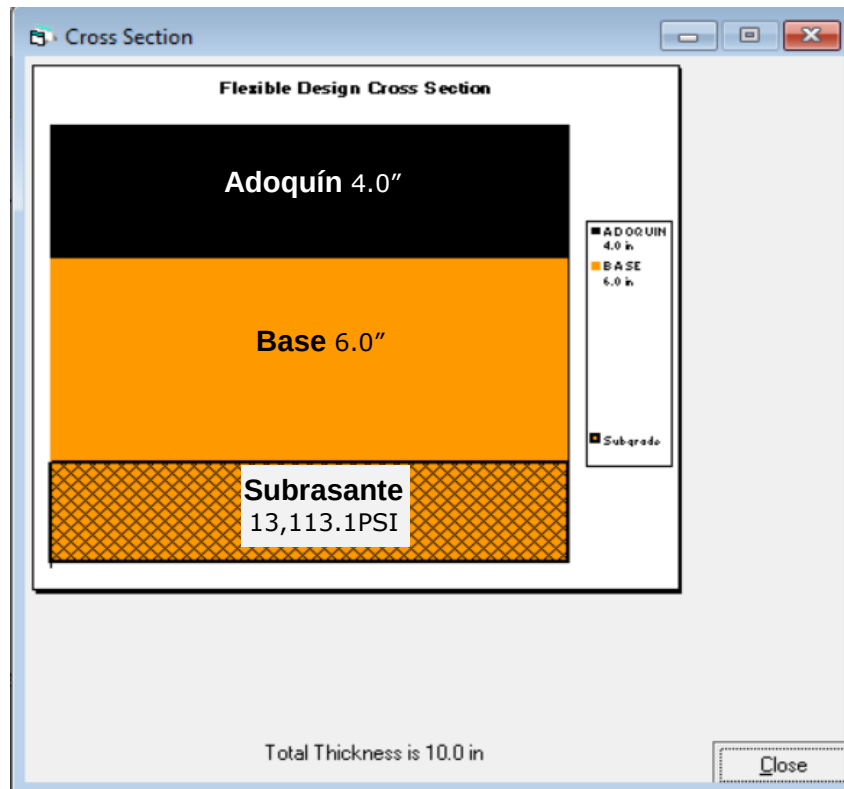
Según el programa WinPAS el ΣSN requerido es mayor que el SN de diseño lo cual significa que este cumple.

$$\Sigma SN \geq SN \text{ requerido}$$

$$2.61 \geq 2.40 \quad \text{¡O.K CUMPLE!}$$

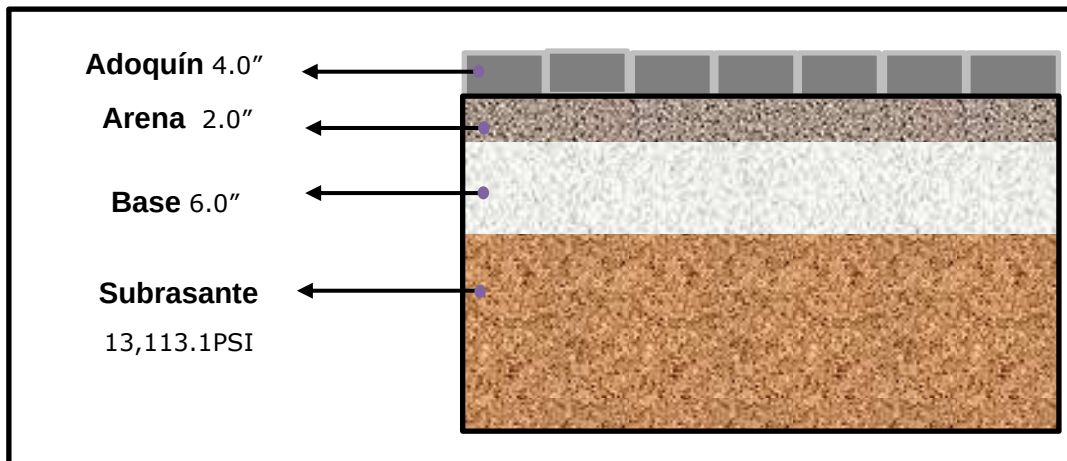
Por último, el software WinPAS nos muestra los espesores de pavimento **Ver imagen-23 pág. 102**.

Imagen 23: Estructura final WinPAS-10.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Imagen 24: Estructura final de pavimento articulado.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los objetivos planteados se ha concluido que:

El Tramo presenta un terreno **ondulado**, predominan las pendientes entre 5.00-15.00%. En cuanto a la planimetría del tramo, se identificaron 16 curvas y 17 rectas, el radio de curvatura de mayor importancia se ubicada entre las estaciones **0+876.464** y **0+920.23**, con un Radio de **50 metros** y una longitud de **42.382 metros**.

Los resultados obtenidos para el cálculo del **TPDA** corresponden a 336 Vehículos/día. La estimación del ESAL's resulto de: 697,644.00 equivalentes a ejes de 18,000 lbs o 80 KN.

Mediante los ensayos de laboratorio de los suelos sobre la línea vial y su clasificación AASHTO se concluye que los más predominantes son los del tipo: A-2-4(0), A-2-6(0), A-2-7(0), suelos de regular a deficientes calidad y en menor cantidad los suelos del tipo A-1-a (0), A-1-b (0), éstos corresponden a suelos de muy buena calidad, compuestos por fragmentos de piedra grava y arena.

Se propone el banco de préstamo N°1 Adolfo Benavides para su uso como material base en la estructura de pavimento articulado. El cual cumplió con las normativas de la NIC-2019. El **CBR** de diseño de la subrasante resultó de 19.60%.

El alineamiento horizontal que nos permitió conocer las distancias de visibilidad ($d_p=50$ metros, $d_a=270$ metros), radio mínimo ($R_m=41$ metros), grado de curvatura ($G_c= 27^\circ 57'$), peralte máximo ($e_{max}=0.08$) y coeficiente de fricción ($f=0.23$), a partir de una velocidad de diseño de 50km/h.

El diseño geométrico cumple con los parámetros de diseño de la SIECA 2011 y el software Autodesk Civil-3D-2022. En el alineamiento vertical, se trazaron 6 curvas en cresta y 6 en columpio.

Los espesores que conformarán la estructura del pavimento articulado serán:
Adoquín: 4.0 pulgadas $\approx$ 10.16 centímetros, cama de arena 2.0 pulgadas $\approx$ 5.08 centímetros y base granular: 6.0 pulgadas $\approx$ 15.24 centímetros.

RECOMENDACIONES.

- Realizar un corte de 0.30 metros de profundidad a lo largo de los 1.47 kilómetros del tramo para colocar la estructura de pavimento diseñada. (Ver planos, laminas 7-10)
- El material cortado deberá ser desalojado en su totalidad y reemplazado por el material de los bancos analizados en el estudio.
- Controlar durante el proceso de construcción, cualquier afloramiento posible de materiales indeseables no detectado en el estudio geotécnico.
- Para los suelos arcillosos A-2-5, (0) más superficiales presentes en las estaciones 1+300 hasta la Est 1+400, se recomienda realizar un corte de 15 centímetros extra y reemplazar con material del banco de material N°2 (Bayardo Hurtado), ya que, este material servirá de aislante para que el material base no se contamine. (Ver planos, lamina 10)
- Se debe constatar que el material la capa base esté libre de cualquier otro material contaminante, como basura, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto podría afectar la resistencia de la estructura.
- Utilizar adoquín tipo tráfico de 3,500 PSI, este deberá cumplir con los requerimientos de la NIC 2019 **sección 504.2.1** y (NTON) Fabricación de adoquines de concreta sección **12 009-10**.
- La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos. Su gradación será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 centímetros ni mayor de 4 centímetros, según la NIC 2019 sección 504.2.3.

- El espesor suelto correspondiente a la capa de arena deberá estar entre 3 a 5 centímetros. Se deberán hacer frecuentes comprobaciones del nivel de la superficie del adoquinado para asegurarse de que el espesor que se está colocando de arena sin compactar es el correcto, según la NIC 2019 sección 504.2.3.
- El sello de Arena usado para rellenar las juntas de adoquines deberá estar libre de impurezas y de todo material inadecuado en las juntas (maleza, limo, arcilla o cualquier material orgánico), se colocarán de manera uniforme 0.035 m³/m² de material, siendo esparcido finalmente con cepillo de fibra, de manera que las juntas queden completamente llenas, debiendo retirar el material sobrante, según la NIC 2019 sección 504.2.5.
- El banco de préstamo seleccionado para material base deberá cumplir con lo especificado en la sección 1003.21.4 de la NIC 2019.
- Los requisitos para la construcción de la estructura de pavimento articulado (adoquín) deberá cumplir con la sección 504.3 de la NIC 2019.
- La estructura final de pavimento articulado debe cumplir con los espesores de diseño que en este caso son, 6 pulgadas de base granular, 2.00 pulgadas de Arena y adoquín de 4 pulgadas.
- El contratista ejecutante deberá gestionar el permiso acreditado por INAFOR si se requiere realizar corte de árboles sobre la vía o extracción de material, según la sección 1101.1 (9), de la NIC 2019.
- Antes de iniciar la ejecución del proyecto, se deberá asegurar que el Contratista obtuvo los permisos de aprovechamiento de los bancos de materiales a utilizarse, según la sección 1101.1 (8), de la NIC 2019.

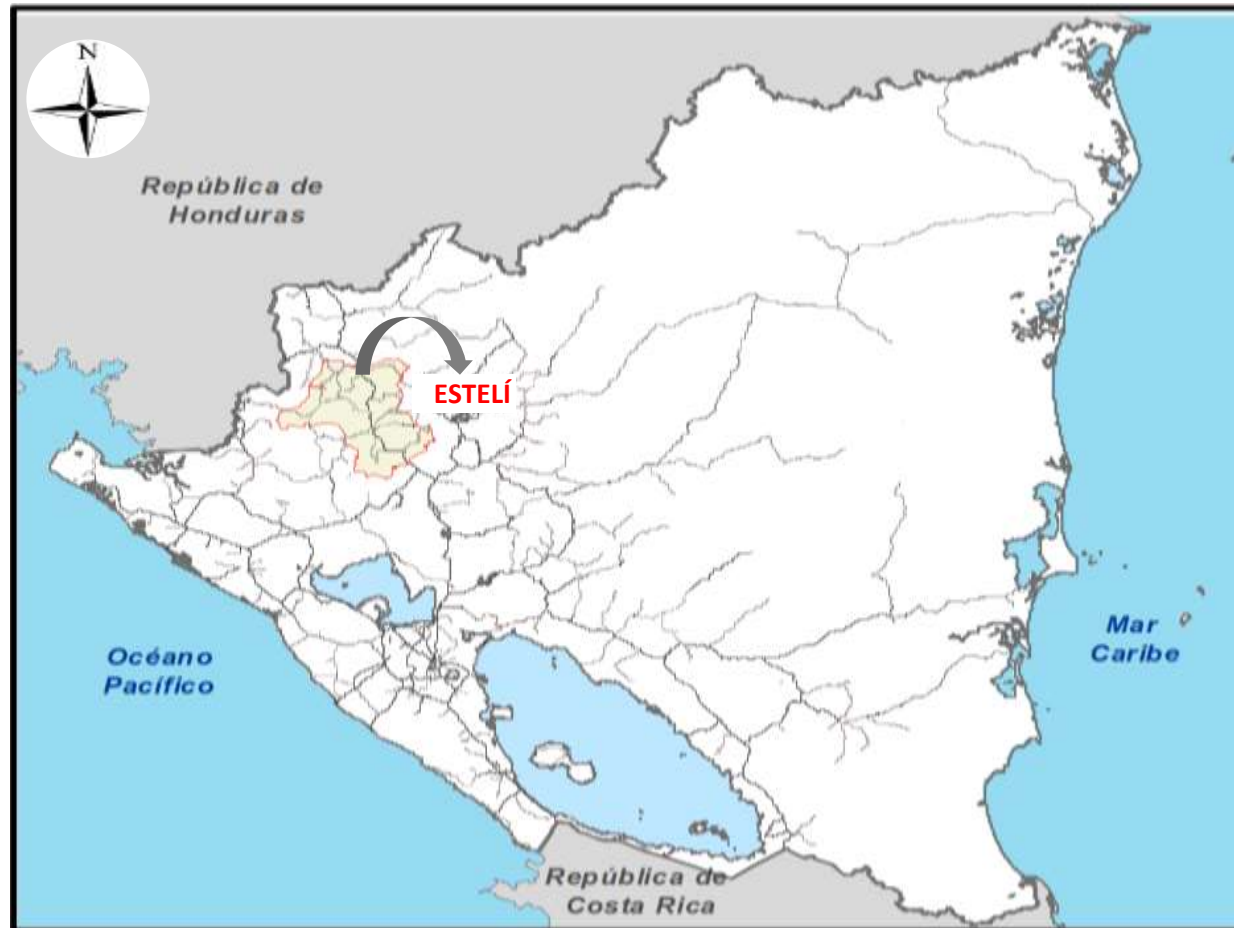
BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO. (93). *Guide for Design of Pavement Structures. American Association of state Highways and Transportation Officials. (3.a ed.)*. Washington, D.C.: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- Agudelo, J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías*. Medellín: Universidad Nacional De Colombia.
- Alcántara, D. (2014). *Topografía y sus aplicaciones (1.er ed.)*. México D.F: Compañía Editorial Continental.
- Cal y Mayor, R. (2007). *Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones*. México: 8va Edición Alfaomega, Grupo Editorial, S.A.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras. (2. a ed.)*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Casanova, L. (2002). *Topografía plana. Universidad de los Andes facultad de ingeniería departamento de vías*. Mérida: Taller de Publicaciones Facultad de ingeniería, ULA.
- MTI & PAST DANIDA. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de drenaje menor. *Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: Division General de Planificación DGP.
- MTI & PAST DANIDA. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Topográfico, *Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: Division General de Planificacion DGP.
- MTI & PAST DANIDA. (2008). *Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos, Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: Division General de Planificación DGP.
- MTI. (2020). *Anuario de Aforos de Tráfico, Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: División de Administración Vial.
- MTI. (2019). *Red Vial de Nicaragua. Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: División de Administración Vial.
- NIC. (2019). *Especificaciones Generales para construcción de caminos, calles y puentes. Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua.
- SIECA. (2002). *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: USAID/SIECA No. 0596-0184.20.
- SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, Secretaria de Integración Económica (3.a ed.)*. Guatemala: USAID/SIECA.



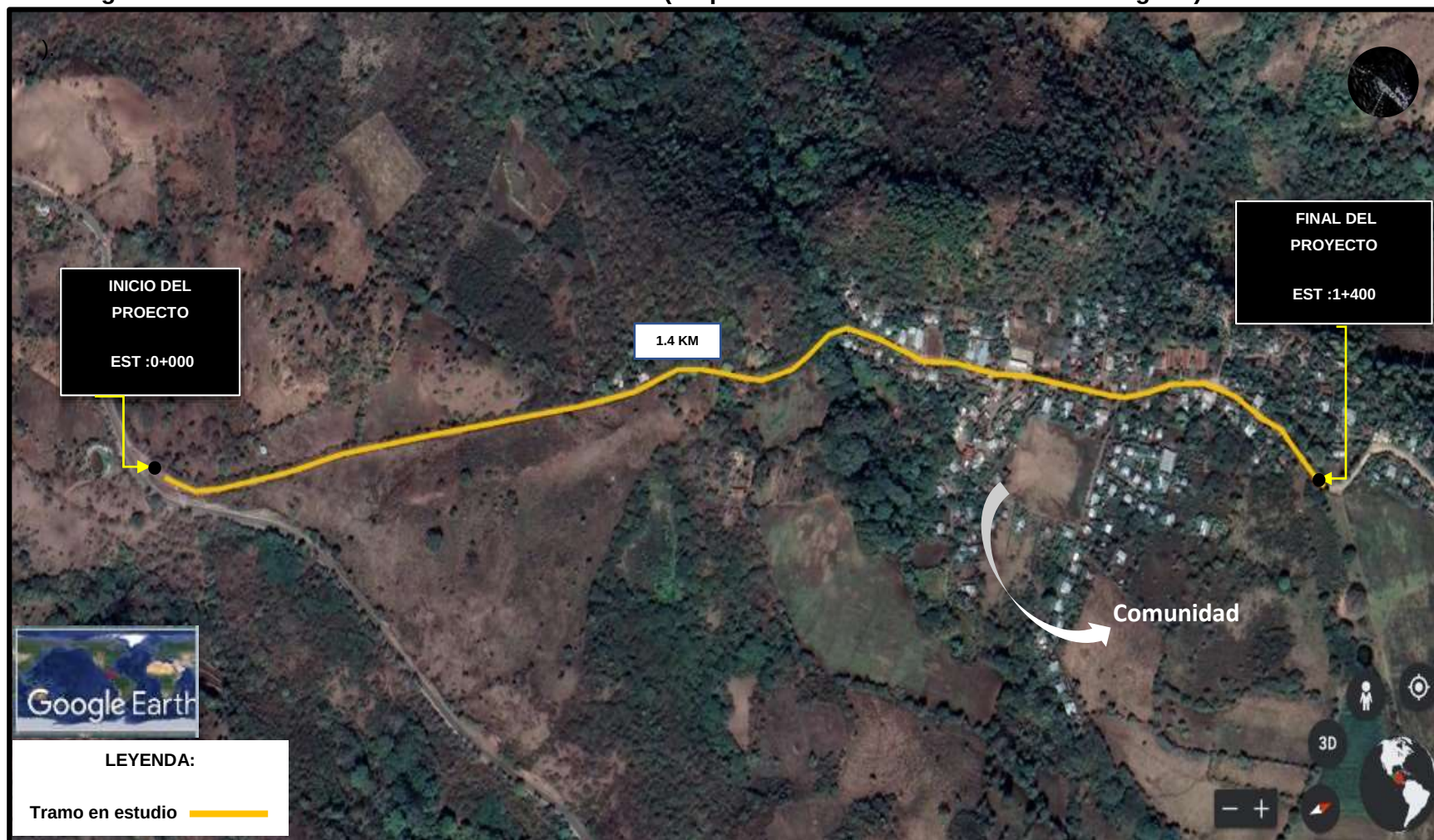
ANEXOS

Imagen- 25. Macro Localización Nicaragua (Departamento de Estelí).



Fuente: Red vial de Nicaragua 2020.

Imagen- 26. Micro localización del tramo en estudio (Empalme Santa Rosa- comunidad La Laguna) 1.47 kilómetros.



Fuente: <https://earth.google.com/web/search/santa+rosa+condega/@13.41292711,-86.28724588,928.43846425a,2445.22245505d,35y>

Fotos: Situación actual del tramo.

Foto 1. Inicio del tramo, (Est. 0+000) hacia comunidad La Laguna.



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 2. Inexistencia de drenajes (Est. 0+100).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 3. Desgastes de la superficie de rodamiento (Est. 0+240).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 4. Ancho de la vía 5.90 metros (Est. 0+300).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 5. Estancamiento de agua en la vía (Est. 0+360).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 6. Inexistencia de drenaje longitudinal (Est. 0+640).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 7. Mal estado de la superficie de rodamiento (Est. 1+000).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 8. Final del tramo en estudio (Est. 1+400).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Tabla 64: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
1	1482400.0448	576793.6084	378.6400	"CER"
2	1482399.3038	576794.7704	378.7100	"TN"
3	1482398.2918	576795.9144	378.2320	"TN"
4	1482397.6838	576796.7884	378.5420	"OC"
5	1482396.6578	576798.6394	378.4540	"LC"
6	1482394.8048	576801.1764	378.4460	"OC"
7	1482393.9458	576802.1064	378.1310	"TN"
8	1482393.1328	576803.1184	378.5490	"TN"
9	1482392.0448	576804.9024	378.6720	"CER"
10	1482412.4240	576804.4971	380.5670	"CER"
12	1482412.1040	576806.2741	380.5070	"TN"
13	1482411.0870	576807.4691	380.2600	"TN"
14	1482410.3390	576808.3601	380.4840	"OC"
15	1482408.7710	576810.4261	380.5100	"LC"
16	1482407.0430	576812.7181	380.4360	"OC"
17	1482406.5310	576813.4371	380.1260	"TN"
18	1482405.8290	576814.5241	380.4800	"TN"
19	1482404.0970	576816.8081	380.5900	"CER"
11	1482418.8770	576810.0121	381.2780	"PCE"
20	1482418.5978	576831.1595	382.2630	"CER"
21	1482419.6268	576829.4745	382.1720	"TN"
22	1482420.7668	576828.0585	381.8790	"TN"
23	1482421.5928	576827.2065	382.1760	"OC"
24	1482423.1248	576825.3525	382.1790	"LC"
25	1482424.7298	576823.2915	382.2260	"OC"
26	1482425.4268	576822.5415	382.0000	"TN"
27	1482426.4868	576821.4055	382.3740	"TN"
28	1482427.8388	576819.9175	382.3140	"CER"
29	1482438.1723	576833.3350	385.5610	"CER"
30	1482439.1993	576835.7280	384.3670	"TN"
31	1482438.2143	576837.0330	383.7410	"TN"
32	1482437.6853	576837.7390	383.8420	"OC"
33	1482435.9363	576839.6470	383.8750	"LC"
34	1482434.2593	576841.7140	383.8420	"OC"
35	1482433.9063	576842.2630	383.7060	"TN"
36	1482432.2733	576844.0550	383.9340	"CER"
37	1482432.1243	576843.2480	383.9680	"VAL"
38	1482462.4909	576852.3235	388.1920	"PCE"
39	1482452.8489	576843.0745	388.7540	"CER"
40	1482452.2919	576844.9645	386.6300	"TN"
41	1482451.3349	576847.4705	385.6820	"TN"
42	1482450.8639	576848.3725	385.7850	"OC"
43	1482449.3279	576851.0045	385.8320	"LC"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 65: Datos técnicos de levantamiento.

Nº	Este	Norte	Cota	Descripción
44	1482448.0949	576853.0155	385.8250	"OC"
45	1482447.5349	576853.8725	385.6360	"TN"
46	1482446.8449	576855.4515	385.8780	"TN"
47	1482446.2219	576856.8005	385.8480	"CER"
48	1482464.5201	576864.9013	387.7410	"TN"
49	1482465.5007	576863.2049	387.3950	"TN"
50	1482465.8940	576862.1680	387.6420	"OC"
51	1482467.0674	576859.8523	387.7610	"LC"
52	1482468.3746	576857.0929	387.7690	"OC"
53	1482468.8971	576856.2911	387.8190	"TN"
54	1482470.0197	576854.1622	388.7850	"TN"
55	1482472.2029	576851.2830	391.9830	"TN"
56	1482517.8141	576874.0681	392.0590	"PCE"
57	1482490.9983	576862.7885	393.4810	"TN"
58	1482490.0644	576866.3694	390.2130	"TN"
59	1482489.2028	576868.3847	389.3950	"TN"
60	1482488.8550	576869.1848	389.5530	"OC"
61	1482488.0019	576871.8923	389.4720	"LC"
62	1482486.7612	576874.7210	389.3300	"OC"
63	1482486.3333	576875.8932	388.9920	"TN"
64	1482485.5786	576878.1580	389.2240	"TN"
65	1482470.6493	576891.4921	388.4920	"TN"
66	1482471.9103	576888.1796	387.6980	"TN"
67	1482472.2311	576887.0819	387.0210	"BCA"
68	1482472.2336	576887.0358	382.0230	"PCA"
69	1482472.4395	576879.6704	381.3310	"PCA"
70	1482472.1860	576879.6968	386.2950	"BCA"
71	1482472.3347	576877.1107	386.6350	"TN"
72	1482472.5557	576874.6722	387.6310	"TN"
73	1482504.0190	576884.9045	387.8660	"IMVERALC"
74	1482502.8850	576884.8628	389.0950	"ALCA"
75	1482503.3949	576884.8461	389.0990	"ALCA"
76	1482502.9681	576886.2380	388.1110	"ALCA"
77	1482502.9695	576886.1539	387.7610	"ALCB"
78	1482503.8645	576886.2967	387.7660	"ALCB"
79	1482503.9791	576886.3560	388.0840	"ALCA"
80	1482504.5020	576884.8487	389.1020	"ALCA"
81	1482504.9854	576884.7751	389.1110	"ALCA"
82	1482505.2985	576884.7562	389.4090	"ALCC"
83	1482502.8956	576884.9091	389.4090	"ALCC"
84	1482502.9635	576884.4383	389.4240	"ALCC"
85	1482504.0719	576882.8162	390.3490	"TN"
86	1482504.4283	576881.6903	390.5410	"TN"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 66: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
87	1482504.8148	576879.8891	390.7930	"OC"
88	1482506.0457	576876.6420	391.1490	"LC"
89	1482507.1761	576873.5487	391.4670	"OC"
90	1482508.9876	576869.5950	391.3500	"TN"
91	1482509.4310	576868.4585	390.5540	"TN"
92	1482529.2467	576871.2440	393.8630	"TN"
93	1482528.9047	576868.5568	393.6130	"BCA"
94	1482530.0832	576859.1922	395.2410	"TN"
95	1482530.8607	576862.1809	394.7450	"BCA"
96	1482529.4053	576867.6462	391.2760	"PCA"
97	1482530.5197	576865.1395	392.2450	"PCA"
98	1482509.6426	576867.5445	388.6170	"IMVERALC"
99	1482508.6098	576867.6218	389.8050	"ALCA"
100	1482509.1091	576867.5011	389.8080	"ALCA"
101	1482508.2726	576865.8137	389.0870	"ALCA"
102	1482508.4386	576865.8505	388.7180	"ALCB"
103	1482510.8761	576867.0019	388.9210	"ALCB"
104	1482511.1216	576866.7257	389.4320	"ALCA"
105	1482510.3122	576867.5081	389.7930	"ALCA"
106	1482510.6292	576867.5376	390.1230	"ALCC"
107	1482508.3954	576867.6657	390.1190	"ALCC"
108	1482521.4872	576892.9960	391.4750	"TN"
109	1482522.9057	576889.3085	391.8620	"MAP"
110	1482522.4623	576888.2598	391.9500	"TN"
111	1482522.2239	576886.6159	391.8420	"TN"
112	1482522.3957	576883.4209	392.2510	"OC"
113	1482523.5340	576879.9597	392.5600	"LC"
114	1482524.0723	576877.5760	392.7680	"OC"
115	1482525.2470	576874.4823	392.3810	"TN"
116	1482525.4269	576870.8121	393.3620	"TN"
117	1482525.1818	576867.9758	392.8570	"TN"
118	1482506.6188	576870.9095	391.2650	"CER"
119	1482538.7093	576893.4370	393.6740	"CER"
120	1482539.3193	576890.0445	394.1710	"TN"
121	1482539.6286	576888.2734	393.8380	"TN"
122	1482539.7770	576886.8247	394.1600	"OC"
123	1482540.4617	576883.2730	394.4090	"LC"
124	1482540.6583	576880.8108	394.6040	"OC"
125	1482540.9822	576879.2105	394.3670	"TN"
126	1482541.4603	576877.3785	394.7110	"TN"
127	1482542.2148	576874.3506	395.1160	"TN"
128	1482542.4210	576873.2370	396.0810	"CER"
129	1482559.1167	576877.0904	398.6590	"CER"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 67: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
150	1482587.9916	576920.4897	390.0870	"PCA"
151	1482586.9221	576920.0560	390.0300	"PCA"
152	1482586.5090	576920.0273	391.4170	"BCA"
153	1482584.7777	576919.6493	391.3910	"TN"
154	1482580.7324	576918.5774	391.4390	"TN"
155	1482593.9285	576902.2905	395.0850	"IMVERALC"
156	1482593.6844	576902.2667	395.1350	"ALCB"
157	1482594.2062	576902.3627	395.1550	"ALCB"
158	1482594.6214	576902.6531	395.9680	"ALCA"
159	1482594.2604	576902.4621	395.9870	"ALCA"
160	1482594.4089	576903.5772	395.2600	"ALCA"
161	1482593.9639	576903.4519	395.2610	"ALCA"
162	1482593.9325	576903.3684	394.9260	"ALCB"
163	1482593.4299	576903.2568	394.9240	"ALCB"
164	1482593.3784	576903.2931	395.2390	"ALCA"
165	1482592.8912	576903.1390	395.2410	"ALCA"
166	1482593.6141	576902.4067	395.9870	"ALCA"
167	1482593.2119	576902.2338	395.9940	"ALCA"
168	1482593.2616	576901.6343	396.3970	"ALCC"
169	1482593.1680	576902.0833	396.3970	"ALCC"
170	1482594.7701	576902.3716	396.3960	"ALCC"
171	1482594.9035	576901.9371	396.4080	"ALCC"
172	1482594.0611	576901.4579	396.6280	"TN"
173	1482594.8652	576898.7799	398.3830	"CER"
174	1482594.8498	576898.0839	398.9910	"TN"
175	1482595.3707	576895.4898	399.3950	"OC"
176	1482595.8364	576892.7305	399.4700	"LC"
177	1482596.5369	576890.1760	399.5710	"OC"
178	1482596.8689	576888.5822	399.3150	"TN"
179	1482596.9035	576886.2939	399.3440	"TN"
180	1482597.0610	576884.5819	399.7740	"CER"
181	1482596.8571	576887.6791	398.1170	"IMVERALC"
182	1482597.5543	576886.7104	398.5670	"ALCB"
183	1482597.4017	576887.7411	398.6040	"ALCB"
184	1482596.3744	576887.5604	398.5190	"ALCB"
185	1482596.5009	576886.5021	398.5100	"ALCB"
186	1482597.5114	576887.6689	399.0060	"ALCC"
187	1482597.6475	576886.8081	399.0110	"ALCC"
188	1482597.7269	576886.6451	399.1830	"ALCC"
189	1482597.6775	576887.8539	399.1570	"ALCC"
190	1482596.2591	576887.6397	399.1610	"ALCC"
191	1482596.4749	576886.4845	399.1810	"ALCC"
192	1482608.2517	576899.2696	399.5370	"CER"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 68: Datos técnicos de levantamiento.

Nº	Este	Norte	Cota	Descripción
200	1482625.6989	576889.1006	401.9750	"TN"
201	1482625.2555	576891.0551	401.6210	"TN"
202	1482624.5821	576892.7476	401.9200	"OC"
203	1482623.8379	576895.6293	402.0370	"LC"
204	1482623.4866	576898.0498	402.1070	"OC"
205	1482623.3582	576898.9184	401.9350	"TN"
206	1482622.9926	576900.3664	401.9250	"CER"
207	1482643.1775	576888.3211	406.0650	"CER"
208	1482642.9241	576890.8298	403.9220	"TN"
209	1482642.2734	576893.4976	403.0420	"TN"
210	1482641.7633	576894.6809	403.3860	"OC"
211	1482640.7392	576897.6573	403.7190	"LC"
212	1482639.8525	576900.5727	403.9510	"OC"
213	1482639.4442	576902.0564	403.7360	"TN"
214	1482639.0826	576903.7285	403.7050	"CER"
215	1482750.4440	576946.5387	396.4240	"TN"
216	1482745.1376	576946.6337	396.8860	"TN"
217	1482741.6581	576947.0166	396.7700	"BCA"
218	1482741.1771	576947.1287	395.2210	"PCA"
219	1482740.5817	576947.1229	395.2830	"PCA"
220	1482740.3701	576947.1015	396.8850	"BCA"
221	1482736.1495	576945.8830	397.4890	"TN"
222	1482730.8796	576945.1539	397.8020	"TN"
223	1482726.8131	576944.4862	398.4980	"TN"
224	1482657.8253	576908.4474	404.2440	"CER"
225	1482657.9768	576906.5213	404.8130	"TN"
226	1482658.2994	576905.0808	405.1570	"OC"
227	1482659.0036	576902.3843	405.0940	"LC"
228	1482659.6017	576900.1376	405.0760	"OC"
229	1482660.1374	576898.5078	404.6830	"TN"
230	1482660.9339	576896.0074	405.4610	"TN"
231	1482661.5189	576893.7747	407.0890	"CER"
232	1482679.2032	576894.5911	408.8410	"CER"
233	1482679.4443	576896.3897	407.6290	"TN"
234	1482679.4210	576899.5945	406.1640	"TN"
235	1482679.2230	576901.6100	406.5310	"OC"
236	1482679.0491	576904.3359	406.5220	"LC"
237	1482678.5704	576907.0730	406.4890	"OC"
238	1482678.6237	576908.3346	406.2210	"TN"
239	1482678.1200	576910.0271	406.1500	"CER"
240	1482697.8768	576911.7317	407.3170	"CER"
241	1482698.0135	576910.0111	407.1630	"TN"
242	1482698.1313	576908.7555	407.5010	"OC"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 69: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
250	1482716.1788	576904.7031	408.7050	"TN"
251	1482715.7866	576906.4897	408.0530	"TN"
252	1482715.6561	576907.8280	408.3000	"OC"
253	1482715.2752	576910.8670	408.3680	"LC"
254	1482714.8288	576914.0140	408.3510	"OC"
255	1482714.8142	576914.8399	408.1220	"TN"
256	1482714.7050	576916.7635	408.2510	"CER"
257	1482737.6598	576904.1900	411.2900	"CER"
258	1482737.4588	576904.7969	410.8180	"TN"
259	1482737.2439	576906.0376	410.0010	"TN"
260	1482733.2625	576925.0038	404.1090	"IMVERALC"
270	1482733.7595	576926.1480	404.3320	"ALCA"
271	1482733.4052	576926.0628	404.3010	"ALCA"
272	1482733.3786	576926.0113	403.9290	"ALCB"
273	1482732.2720	576925.7940	404.3220	"ALCA"
274	1482732.6219	576925.8945	404.3120	"ALCA"
275	1482732.6817	576925.8433	403.9900	"ALCB"
276	1482732.9213	576925.0017	404.1180	"ALCA"
277	1482732.4499	576924.8113	405.0040	"ALCA"
278	1482732.8416	576924.8720	405.0410	"ALCA"
279	1482733.6275	576925.0953	405.1240	"ALCA"
280	1482734.0240	576925.1116	405.1060	"ALCA"
281	1482734.2079	576924.6622	405.3970	"ALCC"
282	1482734.1481	576925.1042	405.3960	"ALCC"
283	1482732.5796	576924.7316	405.3370	"ALCC"
284	1482732.6094	576924.2922	405.3340	"ALCC"
285	1482733.8326	576922.2969	406.7660	"TN"
286	1482734.4688	576920.1605	408.4390	"TN"
286	1482734.7802	576918.9107	409.2460	"CER"
287	1482735.3332	576916.8979	409.2310	"OC"
288	1482735.7256	576913.8908	409.1900	"LC"
289	1482736.4175	576910.9038	409.1030	"OC"
290	1482738.8302	576910.0901	409.0760	"VCUNETA"
291	1482739.1224	576909.2504	408.6990	"PCUNETA"
292	1482739.4038	576908.7670	409.0880	"VCUNETA"
293	1482736.5947	576908.7370	407.0540	"IMVERALC"
294	1482737.3512	576907.9095	407.2060	"ALCB"
295	1482737.0893	576908.8342	407.3080	"ALCB"
296	1482736.3608	576908.6924	407.2100	"ALCB"
297	1482736.5393	576907.7109	407.1760	"ALCB"
298	1482736.5578	576907.2359	408.1170	"ALCC"
299	1482737.7301	576907.5027	408.1900	"ALCC"
300	1482737.4276	576907.8340	407.8640	"ALCC"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 70: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
401	1482874.6439	576949.5999	419.5710	"OC"
402	1482875.0987	576947.0002	419.4240	"LC"
403	1482875.4466	576944.5234	419.3650	"OC"
404	1482875.5219	576943.2802	419.3790	"VCUNETA"
405	1482875.7530	576942.4294	419.1830	"PCUNETA"
406	1482875.7772	576941.8395	419.5040	"VCUNETA"
407	1482876.1576	576940.1739	420.3510	"TN"
408	1482876.1220	576938.1895	422.3630	"TN"
409	1482876.3105	576936.8060	422.0620	"TN"
410	1482876.1843	576936.0233	423.0000	"CER"
411	1482859.2390	576937.7216	417.5910	"VCUNETA"
412	1482859.4982	576936.7869	417.3630	"PCUNETA"
413	1482859.5304	576936.2481	417.6500	"VCUNETA"
414	1482856.8489	576937.2286	417.2080	"ALCC"
415	1482856.7178	576937.5999	417.2010	"ALCC"
416	1482854.6295	576937.3313	417.1790	"ALCC"
417	1482854.7094	576936.9739	417.1880	"ALCC"
418	1482855.6406	576937.0323	415.6570	"IMVERALC"
419	1482855.2259	576936.9270	415.8870	"ALCB"
420	1482855.4193	576935.5845	415.9620	"ALCB"
421	1482856.6247	576935.7293	416.2180	"ALCB"
422	1482856.4620	576937.1337	415.8860	"ALCB"
423	1482856.4382	576937.0608	416.6200	"ALCA"
425	1482855.1685	576936.9299	416.6580	"ALCA"
426	1483327.3945	577071.7871	481.1080	"LC"
433	1482937.4722	576969.3136	430.1200	"
434	1482892.0629	576957.8112	423.9000	"CER"
435	1482892.5516	576956.6879	422.4620	"TN"
436	1482892.8079	576954.7796	421.7100	"TN"
437	1482893.2045	576953.5479	421.8610	"OC"
438	1482893.7701	576950.5394	421.6620	"LC"
439	1482894.2882	576947.6272	421.3980	"OC"
440	1482894.5839	576946.5009	421.0330	"TN"
441	1482894.7425	576944.5463	421.7270	"TN"
442	1482891.7690	576939.0768	426.0620	"CER"
443	1482911.9792	576941.5280	431.1680	"CER"
444	1482912.1457	576949.1572	424.3700	"TN"
445	1482912.2241	576950.3639	423.9140	"TN"
446	1482912.0401	576951.4100	423.5310	"TN"
447	1482911.5243	576952.2945	423.8890	"OC"
448	1482910.6470	576955.3418	424.1090	"LC"
449	1482909.9668	576958.2959	424.3550	"OC"
450	1482909.4559	576959.7950	424.1840	"TN"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 71: Datos técnicos de levantamiento.

Nº	Este	Norte	Cota	Descripción
501	1483009.1122	576948.4760	445.9180	"TN"
502	1483013.7022	576948.8300	444.8020	"TN"
503	1483016.0012	576949.6690	444.5610	"TN"
504	1483018.6222	576951.4730	444.8590	"TN"
505	1483022.6762	576956.3370	445.3080	"TN"
506	1483010.5742	576968.5620	433.2620	"ALCC"
507	1483007.6462	576968.3870	433.2590	"ALCC"
508	1483007.3182	576967.5210	433.2450	"ALCC"
509	1483008.1782	576968.3890	431.9130	"IMVERALC"
510	1483007.7122	576969.6250	433.6100	"TN"
511	1483006.4332	576971.1680	433.8140	"OC"
512	1483004.3992	576974.0200	433.6160	"LC"
513	1483002.7742	576976.9460	433.3440	"OC"
514	1483002.4892	576977.8980	433.1470	"TN"
515	1483002.1752	576978.9760	433.2970	"TN"
516	1483002.9082	576979.7310	432.5940	"ALCC"
517	1483000.9552	576979.6790	432.6690	"ALCC"
518	1483001.1562	576979.9340	432.3400	"ALCA"
519	1483000.4332	576980.8940	431.3990	"ALCA"
520	1483003.2772	576980.7340	431.4220	"ALCA"
521	1483002.6052	576979.9780	432.3120	"ALCA"
522	1483001.9582	576979.8910	431.1330	"IMVERALC"
523	1483012.9532	576997.2940	422.6910	"BCA"
524	1483011.2842	576996.7800	421.3850	"PCA"
525	1483009.6472	576996.8120	421.4910	"ALCC"
526	1483007.5082	576997.2160	422.1800	"PCA"
527	1483007.0192	576996.9840	423.8540	"BCA"
528	1483012.3962	576967.4420	433.4720	"VCUNETA"
529	1483012.0592	576968.3930	433.2490	"PCUNETA"
530	1483011.8562	576969.2000	433.4060	"VCUNETA"
531	1483022.3238	576980.6517	433.5110	"CER"
532	1483022.8016	576978.1881	434.9920	"TN"
533	1483022.7134	576975.9995	434.7850	"TN"
534	1483022.7575	576975.1345	435.0200	"OC"
535	1483023.0723	576971.7637	435.1950	"LC"
536	1483023.1845	576968.8424	435.2510	"OC"
537	1483023.1480	576968.1407	435.1950	"VCUNETA"
538	1483023.1705	576967.1556	434.9700	"PCUNETA"
539	1483023.1785	576966.5301	435.2730	"VCUNETA"
540	1483023.3624	576964.7236	435.8590	"TN"
541	1483023.4395	576964.7065	437.5670	"TN"
542	1483039.6797	576965.6644	441.5000	"TN"
543	1483039.8291	576965.4855	437.5330	"TN"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 72: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
550	1483039.7501	576976.0978	436.9250	"TN"
551	1483039.5308	576979.3180	436.9690	"CER"
552	1483050.2976	576982.0881	438.0790	"CER"
553	1483050.7579	576979.5719	439.6070	"TN"
554	1483050.9478	576978.1444	439.8110	"TN"
555	1483051.4814	576976.4465	439.5080	"TN"
556	1483051.8072	576975.3921	439.7150	"OC"
557	1483052.0966	576973.1556	439.7410	"LC"
558	1483052.6213	576970.4391	439.8230	"OC"
559	1483052.6943	576969.7737	439.7340	"VCUNETA"
560	1483052.8289	576968.9152	439.5110	"VCUNETA"
561	1483052.9347	576968.1736	439.8570	"VCUNETA"
562	1483052.3880	576966.5817	444.1300	"TN"
563	1483069.6938	576968.2117	444.1290	"TN"
564	1483069.0996	576969.7349	442.5570	"TN"
565	1483070.9627	576971.0812	442.5780	"VCUNETA"
566	1483070.8188	576971.6672	442.2920	"PCUNETA"
567	1483070.3671	576972.7278	442.5470	"VCUNETA"
568	1483070.1494	576973.0181	442.5460	"OC"
569	1483069.0686	576975.7812	442.4300	"LC"
570	1483068.1990	576978.7674	442.3670	"OC"
571	1483067.8544	576979.4776	442.2530	"TN"
572	1483067.5921	576980.0448	442.0500	"TN"
573	1483066.2909	576981.4724	441.9880	"TN"
574	1483065.5800	576983.4405	440.9440	"CER"
575	1483081.0094	576990.9071	443.2390	"CER"
576	1483082.1974	576989.5831	444.2680	"TN"
577	1483082.9704	576988.5421	444.3100	"TN"
578	1483083.6744	576987.6281	444.5510	"OC"
579	1483085.7584	576985.3571	444.7020	"LC"
580	1483087.7434	576983.1481	444.7680	"OC"
581	1483088.6364	576982.5221	444.6820	"VCUNETA"
582	1483089.1244	576981.8881	444.4530	"PCUNETA"
583	1483089.5844	576981.4631	444.7550	"VCUNETA"
584	1483091.3014	576979.3221	445.0890	"TN"
585	1483092.9184	576977.2851	445.2290	"TN"
586	1483092.6824	576977.1941	449.4800	"TN"
587	1483112.5734	576990.5477	452.4890	"TN"
588	1483111.4024	576992.4917	449.4970	"TN"
589	1483109.2244	576994.7167	447.5720	"TN"
590	1483108.5284	576995.4217	447.3030	"TN"
591	1483107.6654	576996.3477	447.5760	"OC"
592	1483105.2284	576998.7227	447.5650	"LC"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 73: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
600	1483123.2233	577008.8867	449.7960	"LC"
601	1483124.7660	577005.9060	449.8760	"OC"
602	1483125.3040	577004.6165	449.5510	"TN"
603	1483126.9170	577002.9710	450.5580	"TN"
604	1483127.2524	577002.0839	454.5810	"TN"
605	1483142.6382	577007.0639	457.6910	"TN"
606	1483142.2559	577009.7440	453.3790	"TN"
607	1483141.7974	577012.0850	452.3010	"TN"
608	1483141.4216	577013.2001	452.7570	"OC"
609	1483140.2493	577016.6677	452.7300	"LC"
610	1483139.3363	577019.7636	452.6920	"OC"
611	1483138.9361	577020.7463	452.4240	"TN"
612	1483138.5276	577022.3367	452.6330	"TN"
613	1483139.3111	577025.9590	451.2100	"CER"
614	1483155.1936	577029.2522	454.8890	"CER"
615	1483155.3511	577027.5771	455.4870	"TN"
616	1483155.7202	577024.9218	455.1760	"TN"
617	1483155.7259	577023.7037	455.4640	"OC"
618	1483156.1896	577020.4565	455.4960	"LC"
619	1483156.4577	577017.0247	455.4880	"OC"
620	1483156.6682	577015.5761	455.0830	"TN"
621	1483156.9016	577013.6083	455.6980	"TN"
622	1483156.7359	577011.2920	459.8880	"TN"
623	1483173.6428	577013.9016	461.5670	"TN"
624	1483173.6489	577015.6913	457.9090	"TN"
625	1483173.6290	577017.4708	457.3370	"TN"
626	1483173.5615	577018.4982	457.7130	"OC"
627	1483173.3067	577021.7473	457.7770	"LC"
628	1483173.2448	577025.0196	457.8190	"OC"
629	1483173.2208	577026.8905	457.4430	"TN"
630	1483173.1691	577029.3965	457.6010	"TN"
631	1483172.3962	577031.3885	456.8850	"CER"
632	1483190.9760	577028.5560	465.4660	"CER"
633	1483189.9735	577025.4597	461.5020	"TN"
634	1483189.9692	577023.7223	460.9380	"TN"
635	1483189.8761	577022.9331	461.1230	"OC"
636	1483189.5547	577019.8020	460.9960	"LC"
637	1483189.2763	577016.2399	460.9210	"OC"
638	1483189.1862	577015.3353	460.6650	"TN"
639	1483189.0810	577013.1129	461.4350	"TN"
640	1483189.0039	577013.3320	462.9480	"TN"
641	1483215.7278	577023.1840	467.3080	"CER"
642	1483215.2630	577018.8597	463.1100	"TN"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 74: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
700	1483266.8211	577020.4042	469.9630	"OC"
701	1483268.8555	577017.9384	470.1970	"LC"
702	1483271.1825	577015.8065	470.4460	"OC"
703	1483272.0801	577014.9787	470.3420	"TN"
704	1483273.4274	577013.9234	471.1220	"TN"
705	1483274.3919	577011.5669	475.1670	"CER"
706	1483286.9359	577025.7542	477.4230	"CER"
707	1483285.5495	577027.2868	473.6800	"TN"
708	1483283.9907	577028.2961	472.6700	"TN"
710	1483283.4801	577028.4897	472.8080	"OC"
711	1483280.9758	577029.9915	472.7340	"LC"
712	1483278.9297	577031.5798	472.6390	"OC"
713	1483277.9898	577032.0837	472.3380	"TN"
714	1483275.7994	577033.7100	473.0760	"TN"
715	1483273.4214	577035.9452	476.3440	"CER"
716	1483284.2197	577048.7876	477.9460	"CER"
717	1483289.2698	577046.6502	475.5700	"TN"
718	1483290.6510	577045.7816	474.9010	"TN"
719	1483291.3328	577045.3023	475.1710	"OC"
720	1483293.8046	577043.9730	475.2950	"LC"
721	1483296.0196	577042.6245	475.3910	"OC"
722	1483296.9638	577042.1249	475.1360	"TN"
723	1483299.6212	577041.7283	476.4400	"TN"
724	1483300.1906	577041.3417	478.2160	"CER"
725	1483301.9577	577065.0233	478.6870	"CER"
726	1483302.9450	577063.8616	478.1320	"TN"
727	1483304.4113	577061.7025	478.5450	"TN"
728	1483305.8024	577059.4348	478.0810	"TN"
729	1483306.4344	577058.5743	478.3090	"OC"
730	1483307.6205	577056.3483	478.4110	"LC"
731	1483308.9186	577053.8732	478.5410	"OC"
732	1483309.4687	577052.9066	478.3710	"TN"
733	1483310.3058	577051.4291	479.0790	"TN"
734	1483310.7068	577050.7231	479.4540	"TN"
735	1483311.3754	577049.9346	479.5170	"CER"
736	1483324.6220	577061.1166	481.9840	"CER"
737	1483323.8265	577062.7108	480.7590	"TN"
738	1483323.3847	577063.5762	480.3980	"TN"
739	1483322.7163	577064.4330	480.5470	"OC"
740	1483321.1422	577066.9542	480.3620	"LC"
741	1483319.3115	577069.6242	480.1620	"OC"
742	1483318.8949	577070.1459	480.0400	"TN"
743	1483317.4182	577072.2456	480.1390	"TN"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 75: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Norte	Este	Cota	Descripción
800	1483358.1207	577093.9497	485.5600	"TN"
801	1483358.7746	577092.9658	485.9070	"OC"
802	1483360.5966	577090.4110	485.8360	"LC"
803	1483362.4581	577088.1700	485.7500	"OC"
804	1483363.3091	577087.4323	485.4170	"TN"
805	1483364.9890	577084.4276	485.9090	"TN"
806	1483374.4233	577082.3302	496.6940	"CER"
807	1483370.5191	577087.1399	491.2820	"TN"
808	1483379.3601	577082.7708	497.0660	"CER"
809	1483376.8635	577092.4916	488.7070	"TN"
810	1483376.3789	577093.7926	487.7980	"TN"
811	1483375.9445	577095.1935	487.2010	"TN"
812	1483375.3769	577096.2771	487.5750	"OC"
813	1483374.3948	577099.0037	487.6960	"LC"
814	1483372.8359	577101.8590	487.7210	"OC"
815	1483372.3511	577102.8588	487.4320	"TN"
816	1483371.7892	577104.5041	487.6350	"TN"
817	1483370.8266	577106.5372	487.3550	"CER"
818	1483385.2785	577116.3422	489.3220	"CER"
819	1483386.2519	577113.5309	489.5040	"TN"
820	1483386.5591	577112.3434	489.7820	"TN"
821	1483386.5984	577111.8789	489.8000	"OC"
822	1483387.4298	577109.2513	489.7300	"LC"
823	1483388.4452	577105.9392	489.5950	"OC"
824	1483388.4540	577105.9474	489.5940	"TN"
825	1483388.9093	577104.9543	489.1230	"TN"
826	1483389.7449	577100.7097	490.6310	"TN"
827	1483391.5826	577085.9860	502.2780	"CER"
828	1483414.6200	577096.1272	506.0510	"CER"
829	1483412.8970	577113.6786	492.1850	"TN"
830	1483412.2866	577115.9428	491.1210	"TN"
831	1483411.9699	577117.0349	491.4290	"OC"
832	1483411.1303	577119.8784	491.6200	"LC"
833	1483410.3839	577122.9231	491.7810	"OC"
834	1483409.7597	577125.0724	491.5010	"TN"
835	1483410.3672	577126.1690	492.0330	"A"
836	1483408.8134	577129.0541	491.5560	"TN"
837	1483408.2204	577131.1545	491.8470	"TN"
838	1483408.2372	577125.0357	491.3530	"TN"
839	1483408.1166	577132.2790	492.1510	"CER"
840	1483417.6428	577140.2477	495.5710	"CER"
841	1483424.8679	577136.1475	494.9260	"TN"
842	1483422.9816	577138.0481	495.4010	"CER"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 76: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Norte	Este	Cota	Descripción
900	1483409.7597	577125.0724	491.5010	"TN"
901	1483410.3672	577126.1690	492.0330	"A"
902	1483408.8134	577129.0541	491.5560	"TN"
903	1483408.2204	577131.1545	491.8470	"TN"
904	1483408.2372	577125.0357	491.3530	"TN"
905	1483408.1166	577132.2790	492.1510	"CER"
906	1483417.6428	577140.2477	495.5710	"CER"
907	1483440.7914	577140.9431	495.3020	"LC"
908	1483689.3041	577334.1986	492.9480	"CERCO"
909	1483672.4871	577343.8795	495.5660	"CERCO"
1000	1483687.7702	577336.2132	494.1850	"TN"
1002	1483685.4611	577337.5075	494.6530	"OCD"
1003	1483679.8199	577340.5197	494.7150	"OCD"
1004	1483682.3774	577339.1628	494.8030	"LC"
1005	1483686.4706	577326.5534	493.3230	"CERCO"
1006	1483672.2723	577331.4698	495.2940	"CERCO"
1007	1483673.7117	577330.1238	494.7240	"TN"
1008	1483683.3703	577327.1455	494.4660	"TN"
1009	1483681.2371	577327.5882	494.7720	"OCD"
1010	1483675.1039	577329.8483	494.7080	"OCD"
1011	1483678.1088	577328.7331	494.8580	"LC"
1012	1483669.0543	577320.0230	495.3040	"CERCO"
1013	1483681.2119	577316.0060	494.1110	"TN"
1014	1483670.5615	577319.0523	494.5070	"TN"
1015	1483679.5654	577316.5057	494.3910	"OCD"
1016	1483672.4585	577318.4059	494.5470	"OCD"
1017	1483675.3489	577317.4481	494.5850	"LC"
1018	1483676.1729	577304.3603	492.8390	"CERCO"
1019	1483674.7464	577304.4039	493.9290	"TN"
1020	1483664.6216	577309.1523	494.2810	"TN"
1021	1483673.1989	577305.0076	494.1490	"OCD"
1022	1483666.1849	577308.2704	494.5090	"OCD"
1023	1483669.2745	577306.9584	494.4630	"LC"
1024	1483672.9581	577286.8095	493.3760	"CERCO"
1025	1483653.9650	577297.9700	495.0560	"CERCO"
1026	1483670.9691	577288.1955	493.7720	"TN"
1027	1483656.4313	577297.0213	495.0130	"TN"
1028	1483658.3007	577295.9764	494.6880	"TN"
1029	1483667.8022	577290.1699	494.2600	"OCD"
1030	1483659.2345	577294.9401	494.9190	"OCD"
1031	1483664.2796	577292.1892	494.6580	"LC"
1032	1483665.3903	577274.5292	495.7410	"CERCO"
1033	1483645.2713	577283.7102	497.2700	"CERCO"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 77: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Norte	Este	Cota	Descripción
1100	1483565.0096	577196.8876	510.1620	"TN"
1101	1483566.2597	577187.4866	509.7820	"TN"
1102	1483565.2567	577195.7479	509.8600	"TN"
1103	1483566.0158	577188.2121	509.8880	"OCD"
1104	1483565.3263	577194.6756	510.0300	"OCD"
1105	1483565.7215	577191.7382	510.0900	"LC"
1106	1483549.6342	577182.6736	509.4690	"CERCO"
1107	1483548.8160	577198.9046	507.9970	"CERCO"
1108	1483549.9723	577185.1622	508.5590	"TN"
1109	1483549.0781	577196.3190	508.2280	"TN"
1110	1483550.1852	577186.6741	507.9130	"TN"
1111	1483549.4931	577194.9175	507.9100	"TN"
1112	1483549.9211	577187.8603	508.0910	"OCD"
1113	1483549.6275	577194.2061	508.1340	"OCD"
1114	1483549.9760	577191.1906	508.1730	"LC"
1115	1483534.0468	577187.0062	506.0480	"LC"
1116	1483534.7006	577184.2554	506.0360	"OCD"
1117	1483533.3093	577189.8756	506.0860	"OCD"
1118	1483534.9131	577183.2616	505.9790	"TN"
1119	1483533.0377	577191.0952	505.7010	"TN"
1120	1483535.2633	577180.9167	506.7290	"TN"
1121	1483532.5360	577193.2460	506.3110	"TN"
1122	1483535.4834	577179.0837	507.4480	"CERCO"
1123	1483531.8054	577195.2204	506.7200	"CERCO"
1124	1483534.3179	577181.4700	506.5430	"A"
1125	1483525.9901	577180.7874	505.9130	"A"
1126	1483517.8947	577176.1266	506.0250	"A"
1127	1483518.4223	577175.4216	506.0440	"CERCO"
1128	1483518.9263	577177.4101	505.5470	"TN"
1129	1483518.2316	577180.2945	504.0760	"TN"
1130	1483517.8124	577181.6269	503.8990	"OCD"
1131	1483517.3012	577183.7757	504.0510	"LC"
1132	1483516.3063	577186.7411	504.0220	"OCD"
1133	1483516.1258	577187.5337	503.5710	"TN"
1134	1483515.9132	577190.0090	504.4450	"TN"
1135	1483514.6833	577192.9655	507.2100	"CERCO"
1136	1483503.6895	577170.0129	504.2520	"CERCO"
1137	1483503.4506	577173.2052	502.5230	"TN"
1138	1483502.4596	577175.8342	501.9310	"OCD"
1139	1483501.6616	577178.4358	502.0460	"LC"
1140	1483500.8102	577181.2036	501.9470	"OCD"
1141	1483500.6221	577182.0332	501.7930	"TN"
1142	1483499.7009	577184.7980	502.6160	"TN"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 78: Datos técnicos de levantamiento.

N°	Este	Norte	Cota	Descripción
1129	1483518.2316	577180.2945	504.0760	"TN"
1130	1483517.8124	577181.6269	503.8990	"OCD"
1131	1483517.3012	577183.7757	504.0510	"LC"
1132	1483516.3063	577186.7411	504.0220	"OCD"
1133	1483516.1258	577187.5337	503.5710	"TN"
1134	1483515.9132	577190.0090	504.4450	"TN"
1135	1483514.6833	577192.9655	507.2100	"CERCO"
1136	1483503.6895	577170.0129	504.2520	"CERCO"
1137	1483503.4506	577173.2052	502.5230	"TN"
1138	1483502.4596	577175.8342	501.9310	"OCD"
1139	1483501.6616	577178.4358	502.0460	"LC"
1140	1483500.8102	577181.2036	501.9470	"OCD"
1141	1483500.6221	577182.0332	501.7930	"TN"
1142	1483499.7009	577184.7980	502.6160	"TN"
1143	1483497.7386	577190.6487	508.7750	"CERCO"
1144	1483490.9030	577160.8426	501.3690	"CERCO"
1145	1483489.4189	577162.6268	500.9120	"TN"
1146	1483488.0454	577164.9895	500.0430	"TN"
1147	1483486.8197	577166.2698	499.9410	"OCD"
1148	1483484.9644	577168.3243	500.2650	"LC"
1149	1483483.3608	577170.4665	500.3870	"OCD"
1150	1483482.8065	577171.0679	500.0720	"TN"
1151	1483481.1712	577172.6947	501.2330	"TN"
1152	1483478.4514	577175.6181	503.6450	"CERCO"
1153	1483482.2730	577165.5163	499.2260	"OCD"
1154	1483478.8199	577162.7767	499.0430	"LC"
1155	1483475.0218	577161.9619	498.7780	"OCD"
1156	1483463.2532	577180.8224	497.5000	"OCD"
1157	1483465.8899	577183.1012	497.3810	"OCD"
1158	1483464.8599	577182.1796	497.3840	"LC"
1159	1483454.8230	577193.6366	496.6840	"LC"
1160	1483455.7861	577194.8029	496.6410	"OCD"
1161	1483454.0965	577192.6520	496.6630	"OCD"
1162	1483466.8153	577168.8852	497.6260	"CERCO"
1163	1483472.5142	577147.5491	499.3950	"CERCO"
1164	1483468.2490	577166.1456	498.1440	"TN"
1165	1483472.6795	577150.7911	498.3900	"TN"
1166	1483468.8172	577163.2559	498.3260	"TN"
1167	1483472.3148	577153.3117	497.8160	"TN"
1168	1483471.8805	577154.5597	497.8980	"OCD"
1169	1483469.4829	577161.4235	498.3810	"OCD"
1170	1483470.5300	577158.0588	498.1360	"LC"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes - Alcaldía de Condega.

Tabla 79: Tabla de simbología.

ABREV.	DESCRIPCIÓN
CER	CERCO
BM	BENCH MARK
OC	ORILLA DEL CAMINO
ECA	ESQUINA DE CASA
LC	LÍNEA CENTRAL
BCA	BORDILLO CUNETETA
IMVERALC	IMVER ALCANTARILLA
OCI	ORILLA DE CAMINO IZQUIERDA
PCE	POSTE DE CONCRETO ELÉCTRICO
PCT	POSTE DE CONCRETO TELEFÓNICO
TN	TERRENO NATURAL
TUAP	TUBO DE AGUA POTABLE
PCUNETETA	PRINCIPIO DE CUNETETA

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Alcaldía de Condega.

Tabla 80: Formato para conteo de tránsito vehicular por 12 horas diurnas

CONTEOS VOLUMÉTRICOS DE TRAFICO																			
HORA		Departamento: Estelí -Condega		Estación de conteo: 0+000		Aforador: Jonny Javier y Víctor Oniel		Hora: 06:00 am - 06:00 pm											
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna				Sentido: N-S/S-N		Fecha de Conteo: Lunes 07 al Domingo 13		Mes/Año: Noviembre-2022									
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		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	07:00																		
07:00	08:00																		
08:00	09:00																		
09:00	10:00																		
10:00	11:00																		
11:00	12:00																		
12:00	13:00																		
13:00	14:00																		
14:00	15:00																		
15:00	16:00																		
16:00	17:00																		
17:00	18:00																		
TOTAL																			

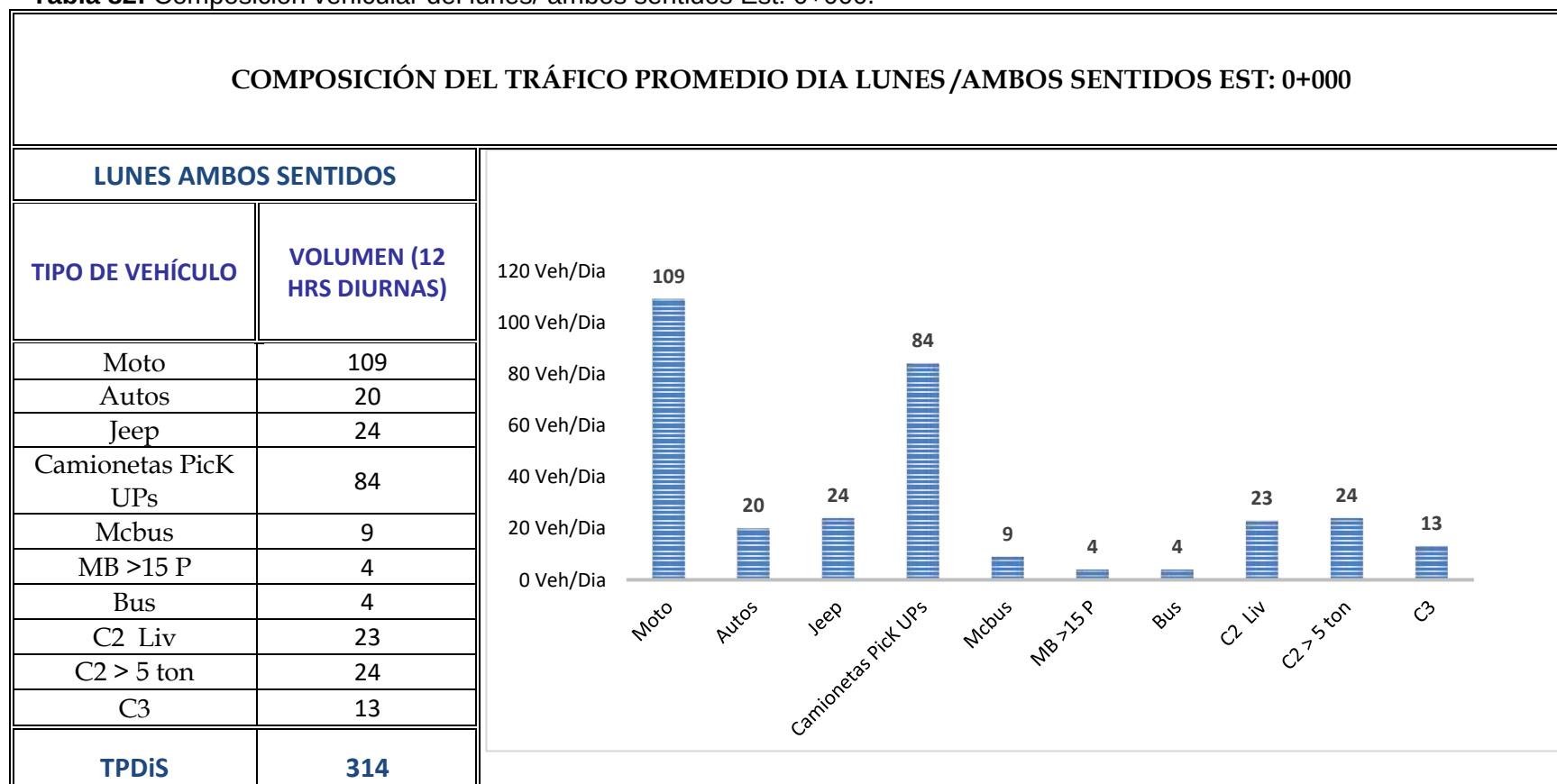
Fuente: Anuario de tráfico 2020.

Tabla 81: Conteo de Tránsito Vehicular Diurno semanal (lunes 07/11/2022).

HORA		Departamento: Estelí -Condega Estación de conteo: 0+000 Aforador: Jonny Javier y Víctor Oniel Hora: 06:00 am - 06:00 pm																	
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna Sentido: N-S/S-N Fecha de Conteo: Lunes 07 al Domingo 13 Mes/Año: Noviembre-2022																	
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
		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	07:00	10	3	0	15	0	1	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	35
07:00	08:00	8	0	1	9	1	0	1	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	28
08:00	09:00	6	2	0	4	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	16
09:00	10:00	7	5	1	3	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	23
10:00	11:00	5	3	0	6	0	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	21
11:00	12:00	12	0	5	5	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	27
12:00	13:00	13	0	1	8	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	28
13:00	14:00	8	4	4	10	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	32
14:00	15:00	7	2	3	4	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	23
15:00	16:00	9	0	2	5	2	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	23
16:00	17:00	11	1	4	6	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	26
17:00	18:00	13	0	3	9	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	32
TOTAL		109	20	24	84	9	4	4	23	24	13	0	0	0	0	0	0	0	314

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 82: Composición vehicular del lunes/ ambos sentidos Est: 0+000.



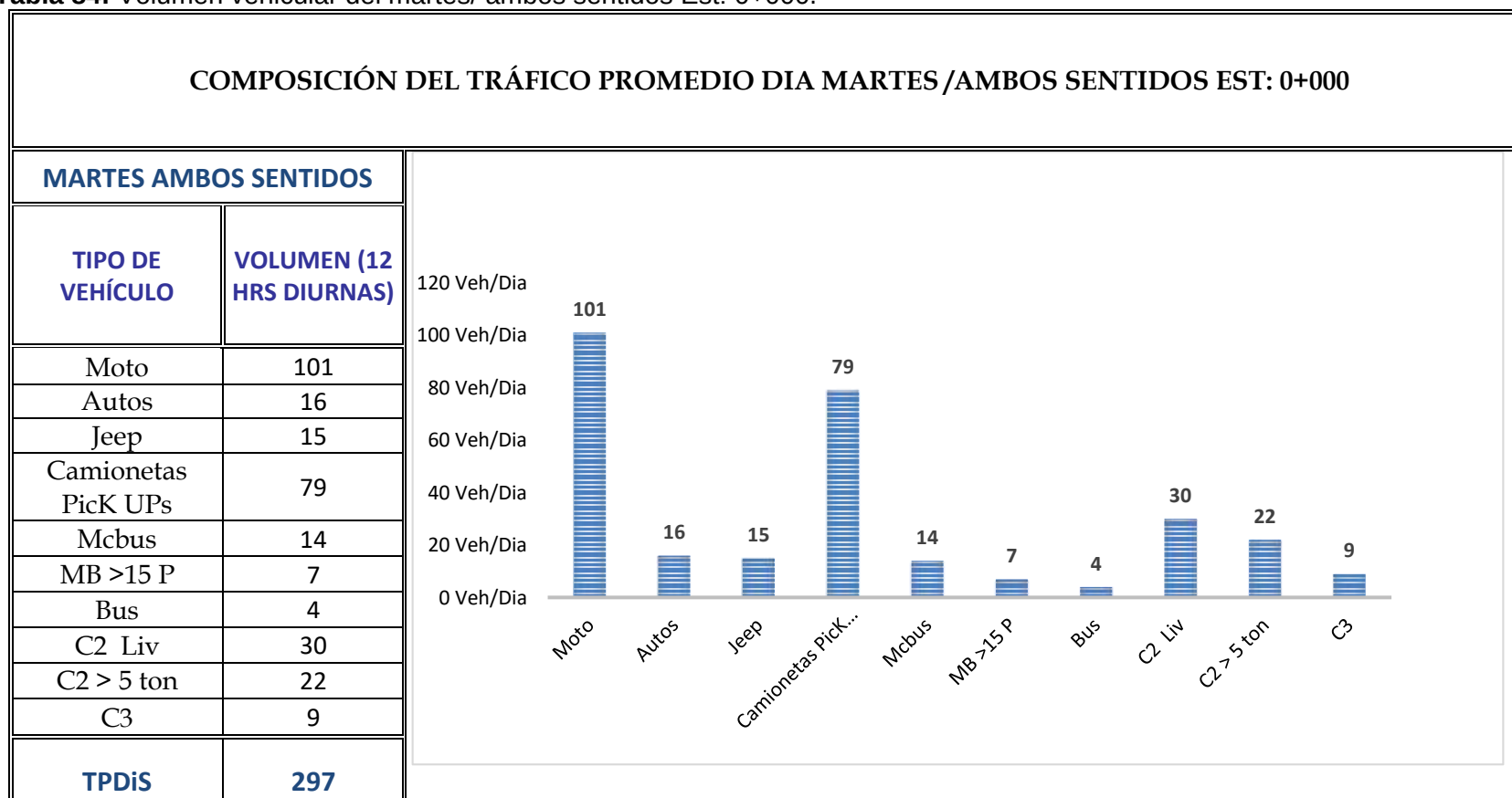
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 83: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (martes 08/11/2022).

HORA		Departamento: Estelí -Condega Estación de conteo: 0+000 Aforador: Jonny Javier y Víctor Oniel Hora: 06:00 am - 06:00 pm																	
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna Sentido: N-S/S-N Fecha de Conteo: Martes 08 al Domingo 13 Mes/Año: Noviembre-2022																	
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
		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	07:00	7	2	3	8	2	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	27
07:00	08:00	6	1	1	4	1	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	20
08:00	09:00	7	1	2	1	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	16
09:00	10:00	4	1	1	9	3	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26
10:00	11:00	8	0	2	7	1	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	24
11:00	12:00	9	1	0	4	0	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	20
12:00	13:00	11	1	4	8	2	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	31
13:00	14:00	5	3	0	4	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18
14:00	15:00	8	0	1	4	0	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	19
15:00	16:00	15	4	1	8	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	35
16:00	17:00	12	2	0	12	1	1	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	33
17:00	18:00	9	0	0	10	3	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
TOTAL		101	16	15	79	14	7	4	30	22	9	0	0	0	0	0	0	0	297

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 84: Volumen vehicular del martes/ ambos sentidos Est: 0+000.



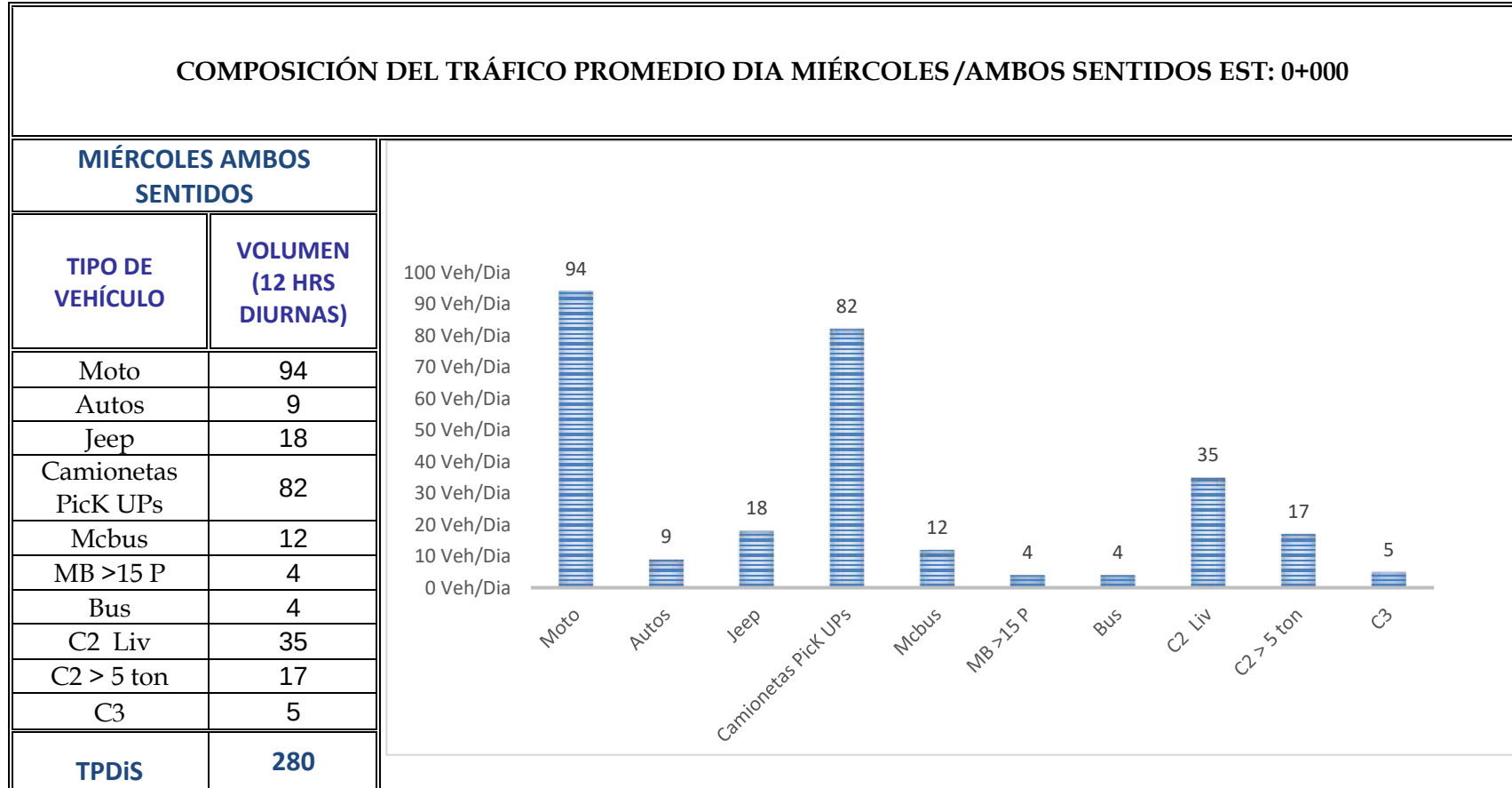
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 85: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (miércoles 09/11/2022).

HORA		Departamento: Estelí -Condega Estación de conteo: 0+000 Aforador: Jonny Javier y Víctor Oniel Hora: 06:00 am - 06:00 pm																	
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna Sentido: N-S/S-N Fecha de Conteo: Miércoles 09 al Domingo 13 Mes/Año: Noviembre-2022																	
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
		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	07:00	13	1	2	7	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28
07:00	08:00	5	0	1	2	1	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	14
08:00	09:00	3	2	1	6	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	21
09:00	10:00	4	0	3	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
10:00	11:00	8	1	3	6	0	1	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	26
11:00	12:00	9	0	1	5	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	20
12:00	13:00	10	1	0	10	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	26
13:00	14:00	13	0	3	9	0	0	1	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	38
14:00	15:00	8	0	0	8	1	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	22
15:00	16:00	6	0	2	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
16:00	17:00	7	3	1	11	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	27
17:00	18:00	8	1	1	8	4	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28
TOTAL		94	9	18	82	12	4	4	35	17	5	0	0	0	0	0	0	0	280

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 86: Volumen vehicular del miércoles/ ambos sentidos Est: 0+000.



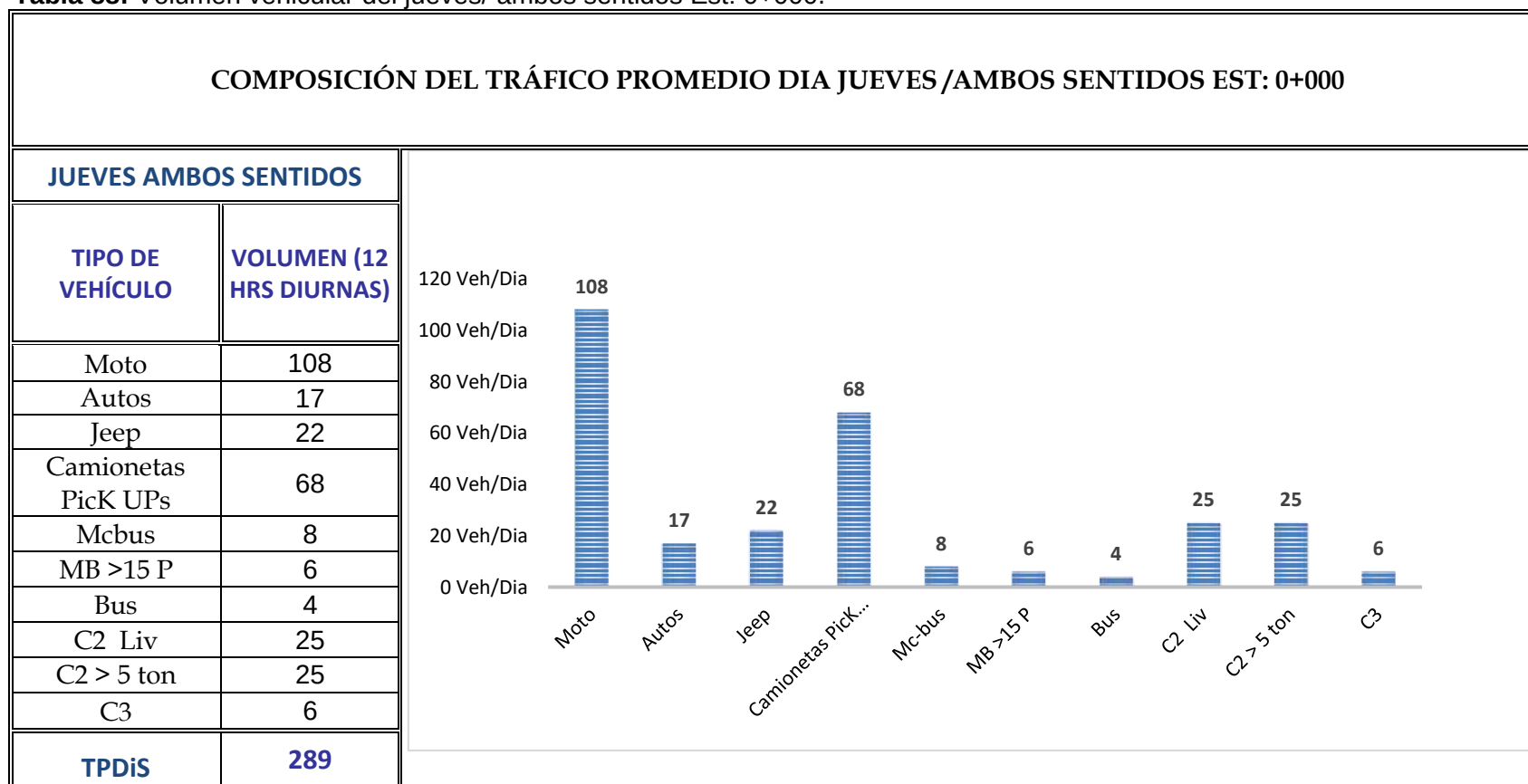
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 87: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (jueves 10/112022).

HORA		Departamento: Estelí -Condega Estación de conteo: 0+000 Aforador: Jonny Javier y Victor Oniel Hora: 06:00 am - 06:00 pm																	
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna Sentido: N-S/S-N Fecha de Conteo: Jueves 10 al Domingo 13																	
		Mes/Año: Noviembre-2022																	
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
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	07:00	11	0	1	2	1	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	20
07:00	08:00	10	2	0	5	1	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	24
08:00	09:00	6	3	4	6	0	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	25
09:00	10:00	8	2	1	2	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	20
10:00	11:00	9	2	3	7	2	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	29
11:00	12:00	11	1	3	4	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	25
12:00	13:00	8	2	0	10	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25
13:00	14:00	9	4	2	1	0	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	22
14:00	15:00	4	1	3	3	0	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	17
15:00	16:00	8	0	2	9	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26
16:00	17:00	11	0	2	7	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	25
17:00	18:00	13	0	1	12	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	31
TOTAL		108	17	22	68	8	6	4	25	25	6	0	0	0	0	0	0	0	289

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 88: Volumen vehicular del jueves/ ambos sentidos Est: 0+000.



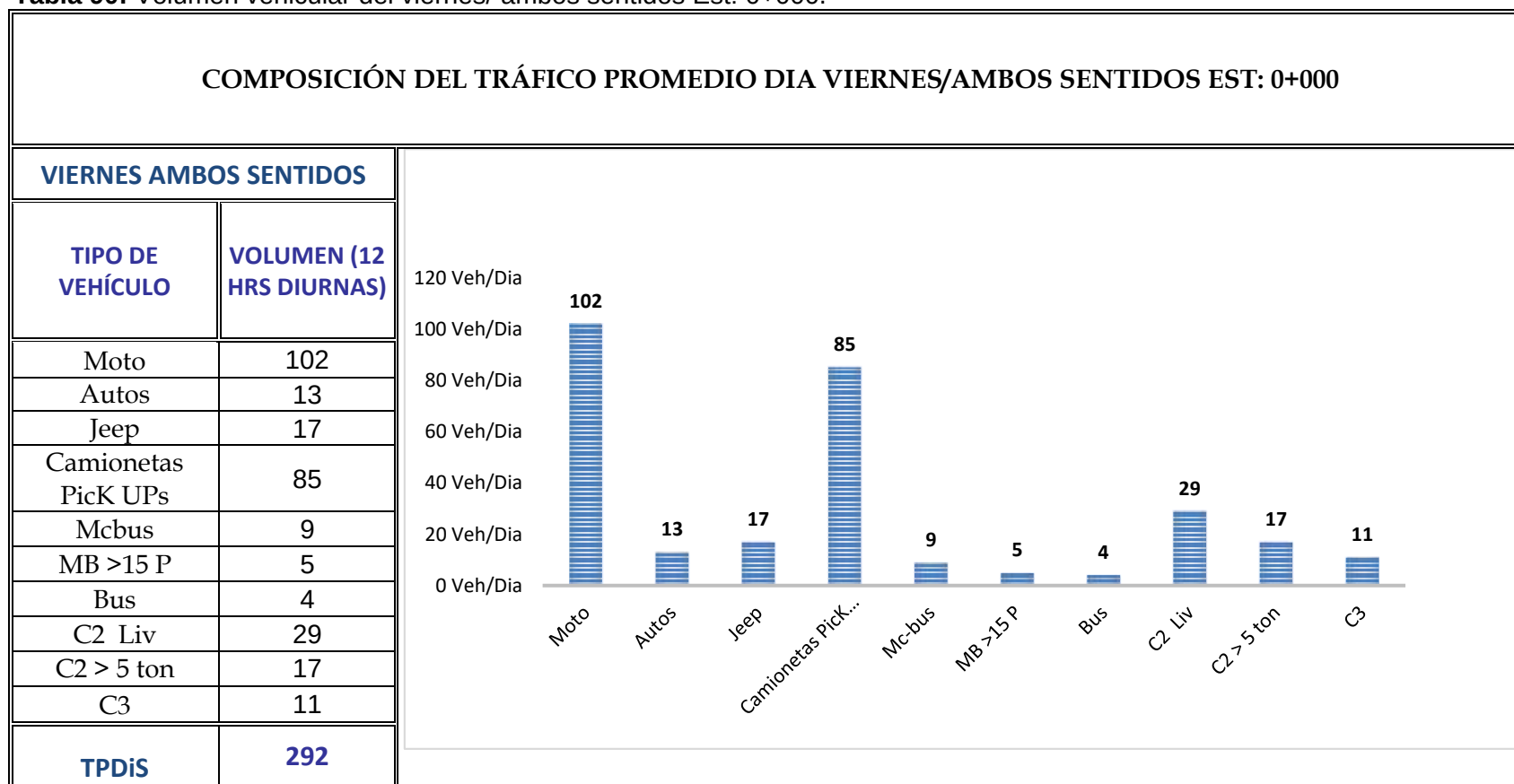
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 89: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (viernes 11/11/2022).

HORA		Departamento: Estelí -Condega Estación de conteo:0+000 Aforador: Jonny Javier y Victor Oniel Hora: 06:00 am - 06:00 pm																	
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna Sentido: N-S/S-N Fecha de Conteo: Viernes 11 al Domingo 13 Mes/Año: Noviembre-2022																	
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
		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	07:00	11	2	2	5	1	1	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	28
07:00	08:00	9	0	2	6	1	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	24
08:00	09:00	8	3	1	8	1	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	26
09:00	10:00	9	1	0	8	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	26
10:00	11:00	7	0	2	5	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19
11:00	12:00	10	0	4	4	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
12:00	13:00	9	1	1	11	1	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	29
13:00	14:00	8	1	0	7	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
14:00	15:00	9	3	0	5	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	22
15:00	16:00	6	0	1	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	15
16:00	17:00	9	2	2	7	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26
17:00	18:00	7	0	2	16	1	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	32
TOTAL		102	13	17	85	9	5	4	29	17	11	0	0	0	0	0	0	0	292

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 90: Volumen vehicular del viernes/ ambos sentidos Est: 0+000.



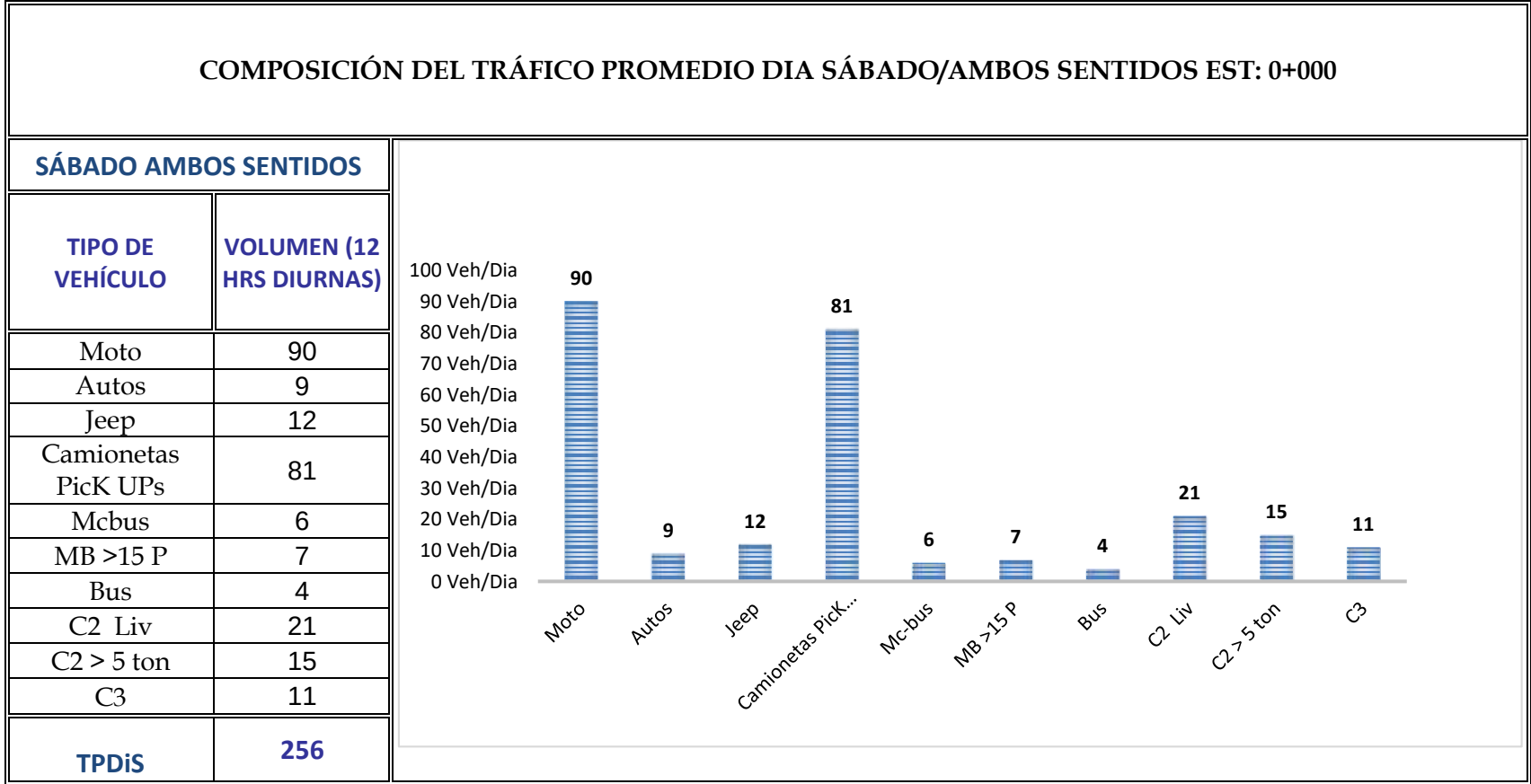
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 91: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (sábado 12/11/2022).

HORA		Departamento: Estelí -Condega				Estación de conteo: 0+000			Aforador: Jonny Javier y Víctor Oniel							Hora: 06:00 am - 06:00 pm			
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna				Sentido: N-S/S-N			Fecha de Conteo: sábado 12 al Domingo 13							Mes/Año: Noviembre-2022			
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
		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	07:00	7	2	1	3	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	16
07:00	08:00	5	0	2	7	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	19
08:00	09:00	4	2	0	3	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	17
09:00	10:00	2	1	1	5	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	12
10:00	11:00	6	0	0	2	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	14
11:00	12:00	10	0	2	9	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	26
12:00	13:00	8	0	2	11	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	27
13:00	14:00	7	1	0	3	1	1	1	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	21
14:00	15:00	12	0	0	8	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
15:00	16:00	8	1	1	12	2	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	31
16:00	17:00	11	2	1	8	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	25
17:00	18:00	10	0	2	10	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
TOTAL		90	9	12	81	6	7	4	21	15	11	0	0	0	0	0	0	0	256

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 92: Volumen vehicular del sábado/ ambos sentidos Est: 0+000.



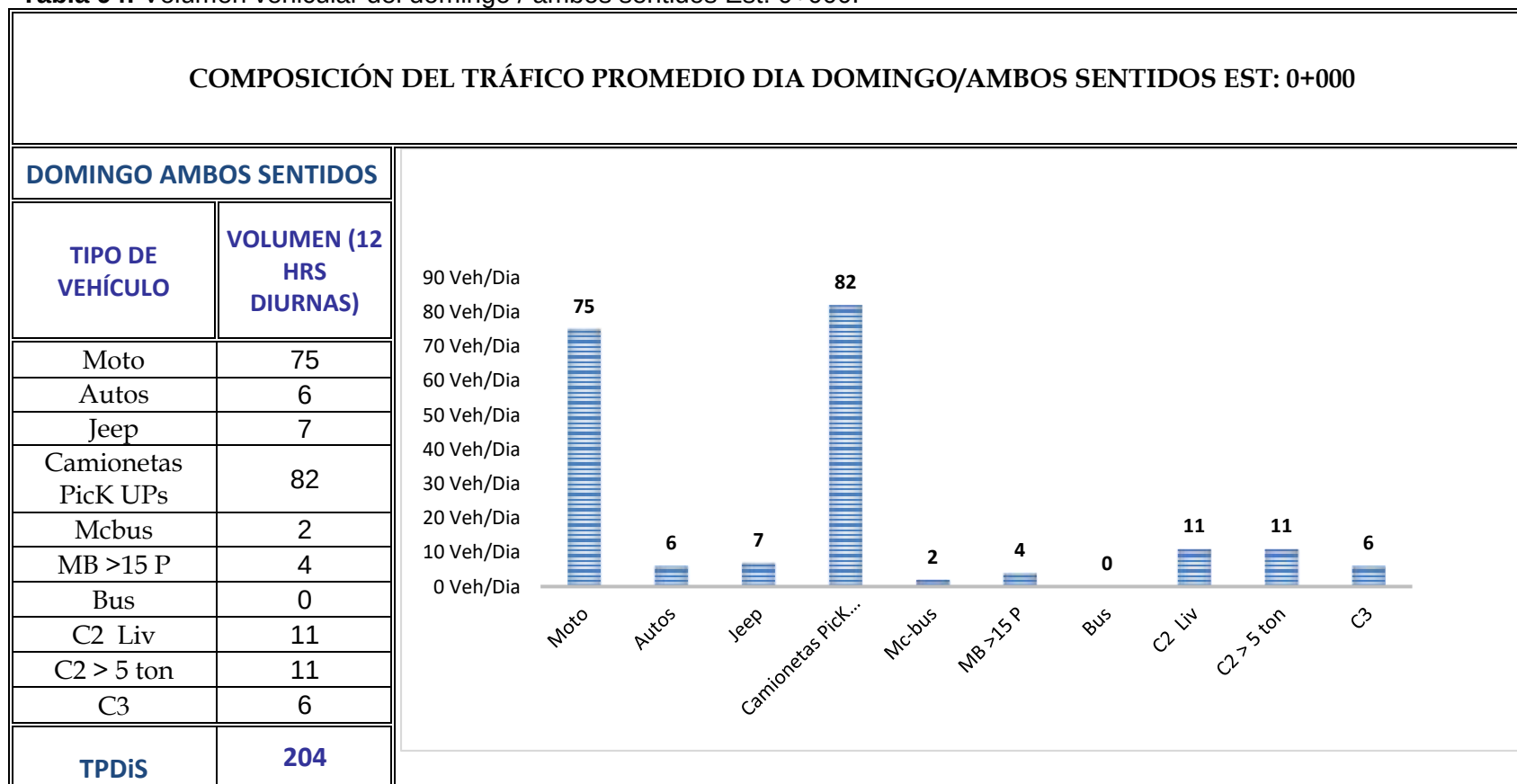
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 93: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (domingo 13/11/2022).

HORA		Departamento: Estelí -Condega Estación de conteo: 0+000 Aforador: Jonny Javier y Víctor Oniel Hora: 06:00 am - 06:00 pm																	
		Tramo: Emp. Santa Rosa- Comunidad la Laguna Sentido: N-S/S-N Fecha de Conteo: Domingo 13 al Domingo 13 Mes/Año: Noviembre-2022																	
		Veh. Pasajeros							Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
		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	07:00	5	1	2	7	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	20
07:00	08:00	6	0	0	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
08:00	09:00	4	3	1	4	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
09:00	10:00	5	0	0	5	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	15
10:00	11:00	7	1	1	7	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	22
11:00	12:00	3	0	0	10	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	16
12:00	13:00	7	0	0	5	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15
13:00	14:00	3	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
14:00	15:00	8	0	1	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	21
15:00	16:00	6	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
16:00	17:00	5	0	0	8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16
17:00	18:00	16	1	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
TOTAL		75	6	7	82	2	4	0	11	11	6	0	0	0	0	0	0	0	204

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 94: Volumen vehicular del domingo / ambos sentidos Est: 0+000.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 95: Factores de ajustes para ECD-114 bajo la dependencia de la EMC-107 Sébaco-Emp. San Isidro.

Tabla 607 Factores de ajuste para EOB 117 bajo la dependencia de la EMO 107 Sebaco Emp. San Isidro.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

ESTACION DE MAYOR COBERTURA 107
SEBACO - EMPALME SAN ISIDRO
FACTORES - 2020

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	1,24	1,28	1,17	1,25	1,18	1,20	1,18	1,30	1,51	1,39	1,00	1,53	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06
Factor Semana	1,00	1,02	1,00	0,96	0,94	1,16	1,03	0,85	0,89	0,92	1,00	0,91	1,00	1,00	0,77	1,00	0,86
Factor Fin de Semana	0,99	0,96	0,99	1,13	1,17	0,75	0,94	1,75	1,48	1,26	1,00	1,34	1,00	1,00	4,21	1,00	1,71
Factor Expansión a TPDA	1,16	0,93	1,06	1,03	0,92	1,50	0,84	1,08	0,91	0,94	1,00	0,91	1,00	1,00	1,10	1,00	1,06

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	1,22	1,21	1,25	1,21	1,19	1,26	1,15	1,30	1,44	1,43	1,00	1,52	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	1,01	0,98	0,97	0,93	0,87	0,93	0,95	0,89	0,91	0,89	1,00	0,88	1,00	1,00	0,95	1,29	0,94
Factor Fin de Semana	0,97	1,06	1,08	1,22	1,64	1,21	1,16	1,46	1,31	1,44	1,00	1,48	1,00	1,00	1,14	0,64	1,18
Factor Expansión a TPDA	0,91	1,19	1,01	1,06	1,03	0,79	1,29	1,00	1,08	0,99	1,00	1,05	1,00	1,00	1,62	0,78	1,29

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	1,21	1,25	1,22	1,23	1,25	1,25	1,17	1,31	1,47	1,40	1,00	1,51	1,00	1,00	1,17	1,00	1,33
Factor Semana	0,99	1,02	1,01	0,94	0,94	0,92	0,97	0,88	0,88	0,88	1,00	0,91	1,00	1,00	0,90	1,00	0,93
Factor Fin de Semana	1,02	0,96	0,99	1,19	1,20	1,27	1,07	1,54	1,55	1,51	1,00	1,35	1,00	1,00	1,36	1,00	1,23
Factor Expansión a TPDA	0,96	0,92	0,94	0,93	1,07	0,94	0,97	0,93	1,03	1,08	1,00	1,06	1,00	1,00	0,68	1,40	0,78

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2020, Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) Pág. 322.

Nota: se utilizaron los factores de ajustes del tercer cuatrimestre del año, Factor Día (FD), Factor Expansión (FE),

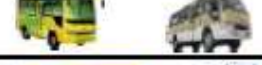
Tabla 96: Indicadores macroeconómicos de PIB, POB.

Conceptos-Concept	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
PIB (a precios constantes)- Real GDP	129161	124908	130416	138654	147661	154937	
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	164602	168791	187053	219182	247994	271530	
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	8497	8299	8759	9774	10533	10983	
Población (miles de habitantes) ^{10/} - Population (thousands) ^{10/}	5669	5742	5816	5997	6071	6134	
Base monetaria - Monetary base	10370	12426	14550	18278	19174	20467	
Depósitos totales ^{11/} - Total deposits ^{11/}	48776	56489	70400	82044	86550	98592	
de crédito bruta ^{12/} - Gross credit portfolio ^{12/}	47199	44242	45289	53852	69457	84282	
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	-4875	-6577	-4122	-3457	-4145	-5803	
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	-1028	-2196	-1102	354	-627	-3057	
Conceptos-Concept	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PIB (a precios constantes)- Real GDP	162351	170132	177895	186134	179873	173074	169977
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	308403	347707	380261	414279	410988	417223	432263
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	11880	12757	13286	13786	13025	12595	12587
n (miles de habitantes) ^{10/} - Population (thousands) ^{10/}	6198	6263	6328	6394	6460	6528	6596
Base monetaria - Monetary base	23503	29661	29138	33114	30133	34478	43668
Depósitos totales ^{11/} - Total deposits ^{11/}	117346	133636	145144	160719	127434	128855	149636
de crédito bruta ^{12/} - Gross credit portfolio ^{12/}	100712	123839	146722	167150	152240	132386	127645
Balance del SPNF a/d - Balan-- ^IFPS (before grants)	-7957	-9905	-11823	-12810	-18893	-9182	-13260
Balance del SPNF d/d - Balan IFPS (after grants)	-4450	-5450	-7500	-8488	-16110	-6567	-10960

Fuente: Informe Anual del BCN -2020. (Descarga de archivo de Excel digital)

Registros Periodo de años 2008-2020.

Tabla 97: Tipología y descripción vehicular de conteos de tránsito.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracilos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros 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. También 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, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2020, pag. 36 pdf.

Tabla 98: Listado histórico TPDA ECD-114 Shell Palacagüina- Emp. Yalagüina.

Tabla 001 Estado Histórico T-18A ECD 114 ECD

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2020. Pág. 103.

Tabla 99: Crecimiento económico de Nicaragua año-2020.

Principales indicadores macroeconómicos - Main macroeconomic indicators											
Conceptos - Concepts	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Actividad económica^{1/} y empleo^{2/} - Economic activity/¹ and employment/²											
crecimientos constantes (tasas de crecimiento) - Real GDP growth (%)	4.4	6.3	6.5	4.9	4.8	4.8	4.6	4.6	(3.4)	(3.8)	(1.8)
per cápita (en US\$) - GDP per cápita (US\$)	1,506.1	1,630.0	1,734.9	1,790.4	1,916.8	2,036.9	2,099.6	2,156.1	2,016.2	1,929.5	1,908.3
per cápita (tasas de crecimiento) - GDP per cápita growth (%)	4.2	8.2	6.4	3.2	7.1	6.3	3.1	2.7	(6.5)	(4.3)	(1.1)
desempleo abierto - Unemployment rate (%)	7.9	5.9	5.9	5.7	6.6	5.9	4.5	3.7	5.4	5.6	5.0
porcentaje de ocupados con subempleo - Underemployment as a percent of employed persons (%)	50.5	51.8	51.0	50.1	49.9	50.2	44.4	42.9	45.6	47.5	45.9
Tipos de cambio - Prices and exchange rate											
inflación anual acumulada nacional (IPC año base=2006) - National annual inflation (CPI 2006=100)	9.2	8.0	6.6	5.7	6.5	3.1	3.1	5.7	3.9	6.1	2.9
inflación anual acumulada (Managua) ^{3/} - Managua annual inflation ^{3/}	9.1	8.6	7.1	5.4	6.5	2.8	3.1	5.8	3.3	6.5	2.6
devaluación anual (%) ^{4/5} - Annual devaluation (%) ^{4/5}	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.7	2.9
cambio oficial promedio (C\$ x US\$) - Average exchange rate (C\$ x US\$)	21.4	22.4	23.5	24.7	26.0	27.3	28.6	30.1	31.6	33.1	34.3
cambio oficial a fin de período (C\$ x US\$) - Exchange rate, end of period (C\$ x US\$)	21.9	23.0	24.1	25.3	26.6	27.9	29.3	30.8	32.3	33.8	34.8
Sector monetario (tasas de crecimiento) - Monetary sector (percentage growth)											
base monetaria - Monetary base	17.1	25.6	4.9	6.7	14.8	26.2	(1.8)	13.6	(9.0)	14.4	26.7
veces se monetaria (número de veces) - Gross international reserves/monetary base (number of times)	2.7	2.4	2.4	2.5	2.6	2.3	2.5	2.6	2.4	2.4	2.6
depósitos totales - Total deposits	24.4	17.6	5.5	13.9	19.0	13.9	8.6	10.7	(20.7)	1.1	16.1
portafolio bruto de crédito - Banks' gross portfolio	2.4	18.9	29.0	21.3	19.5	23.0	18.5	13.9	(8.9)	(13.0)	(3.6)
saldo de reservas internacionales netas (millones US\$) - Net international reserve balance (million of US\$)	1,631.6	1,710.5	1,718.1	1,840.0	2,153.2	2,401.2	2,387.5	2,716.2	2,038.9	2,208.5	3,073.5
saldo de reservas internacionales brutas (millones US\$) - Gross international reserve balance (million of US\$)	1,799.0	1,892.3	1,887.2	1,993.0	2,276.2	2,492.3	2,447.8	2,757.8	2,261.1	2,397.4	3,211.9
Sector público no financiero (% del PIB)^{6/} - Non-financial public sector - NFPS (as % GDP)^{6/}											
antes de donaciones - Balance of Non-Financial Public Sector (before grants)	(2.2)	(1.6)	(1.7)	(2.1)	(2.6)	(2.8)	(3.1)	(3.1)	(4.6)	(2.2)	(3.1)
después de donaciones - Balance of NFPS (after grants)	(0.6)	0.2	(0.3)	(1.1)	(1.4)	(1.6)	(2.0)	(2.0)	(3.9)	(1.6)	(2.5)
financiamiento externo - External financing NFPS	2.5	1.9	2.0	2.3	2.5	2.6	2.3	3.2	1.9	3.0	5.4
financiamiento interno ^{7/} - Internal financing NFPS ^{7/}	(1.9)	(2.0)	(1.7)	(1.1)	(1.1)	(1.0)	(0.3)	(1.2)	2.0	(1.4)	(2.9)

Fuente: Informe Anual BCN-2020 Pág. 11 pdf.

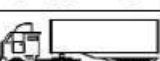
Nota: promedio de los últimos 10 años corresponde a 3.39%.

Tabla 100: Diagrama de cargas permisibles (vehículos livianos y pasajeros).

TIPO DE VEHÍCULO	PESO POR EJE (TON)	PESO POR EJE (LBS)
AUTOMÓVIL	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.	11000/2200

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 101: Diagrama de cargas permisibles (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

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 102: Factores equivalentes de cargas, ejes simples Pt= 2.0.

Carga/eje			SN					
	(kip)	(kN)	1	2	3	4	5	6
2.2	2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	4	17.8	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
4.4	6	26.7	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
	8	35.6	0.030	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
8.8	10	44.5	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.079
	12	53.4	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
11	14	62.3	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
	16	71.2	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
17.6	18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
	24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
	50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Extraído de Manual AASHTO-93 Design Requirements. pág. 172 pdf.

Utilizando un espesor asumido SN =5" se interpolaron los factores equivalentes de carga para ejes simples 2.2,4.4,8.8, 11, 17.60, y ejes dobles 36.60 utilizando la tabla para ejes Tándem.

Nota: El valor de 22 kips no se interpola, ya que, existe en la tabla factores equivalente de carga para pavimento articulado.

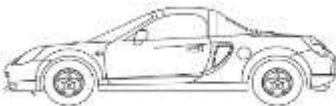
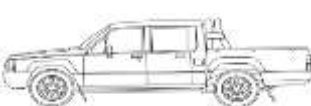
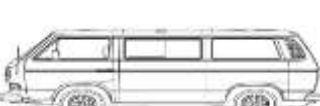
Tabla 103: Factores equivalentes de cargas, ejes tándem, Pt= 2.0.

	Carga/eje		SN					
	(kip)	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8.9	8.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	17.8	17.8	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	26.7	26.7	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	35.6	35.6	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	44.5	44.5	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	53.4	53.4	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	62.3	62.3	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	71.2	71.2	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	80.0	80.0	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	89.0	89.0	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	97.9	97.9	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	106.8	106.8	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	115.7	115.7	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	124.6	124.6	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	133.5	133.5	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	142.4	142.4	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	151.3	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Extraído de Manual AASHTO-93 Design Requirements. pág. 172 pdf

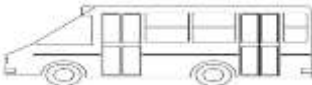
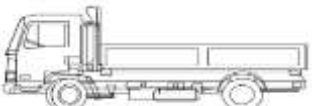
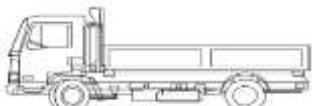
En las **Tablas 104, 105 y 106** se realizaron los cálculos de interpolación obteniendo los factores ESAL para cada peso por eje por cada tipo de vehículo.

Tabla 104: Interpolación lineal para los valores de (2.2, 4.4, 8.8) kips, ejes simples.

Factor ESAL 2.2 Kips		Factor Factor ESAL 4.4 Kips		Factor Factor ESAL 8.8 Kips	
kips	SN:5	kips	SN:5	kips	SN:5
Carga	FEC	Carga	FEC	Carga	FEC
2	0.0002	4	0.002	4	0.031
2.2	X	4.4	X	4.4	X
4	0.002	6	0.009	6	0.079
X :	0.00038	X :	0.0034	X :	0.0502
					

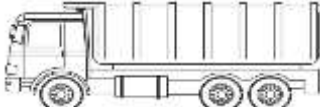
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 105: Interpolación lineal (11, 17.60, 22) kips, ejes simples.

Factor Factor ESAL 11 Kips		Factor Factor ESAL 17.60Kips		Factor Factor ESAL 22 Kips	
kips	SN:5	kips	SN:5	kips	SN:5
Carga	FEC	Carga	FEC	Carga	FEC
10	0.079	16	0.603		
11	X	17.60	X	22	Existe
12	0.0174	18	1.00		
X :	0.1265	X :	0.9206	X :	2.35
					

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 106: Interpolación lineal (36.30) kips, eje tándem.

Factor ESAL 36.60 Kips	
kips	SN:5
Carga	FEC
36	1.38
36.60	X
38	1.73
X :	1.43
	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 107: 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 entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.) Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6 Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5											

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, (Norma AASHTO M-145).

Tabla 108: Requerimientos de granulometría de subbase-base.

Abertura de la malla	Porcentaje por peso pasando la malla cuadrada				
	AASHTO T 27 y AASHTO T 11				
	Requerimientos de Granulometría				
	A (Sub-base)	B (Sub-base)	C (Base)	D (Base)	E (Base)
63 mm	100				
50 mm	97 – 100	100	100		
37.5 mm		97 – 100	97 – 100	100	
25 mm	65 – 79 (6)			97 – 100	100
19 mm			67 – 81 (6)		97 – 100
12.5 mm	45 – 59 (7)	60-80 (7)			
9.5 mm				56 – 70 (7)	67 – 79 (6)
4.75 mm	28 – 42 (6)	40 – 60 (6)	33 – 47 (6)	39 – 53 (6)	47 – 59 (7)
425 Lim	9 – 17 (4)		10 – 19 (4)	12 – 21 (4)	12 – 21 (4)
75 Lim	4 – 8 (3)	0 – 12 (4)	4 – 8 (3)	4 – 8 (3)	4 – 8 (3)

() Desviación (±) permisible

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003-6. Pag 811.

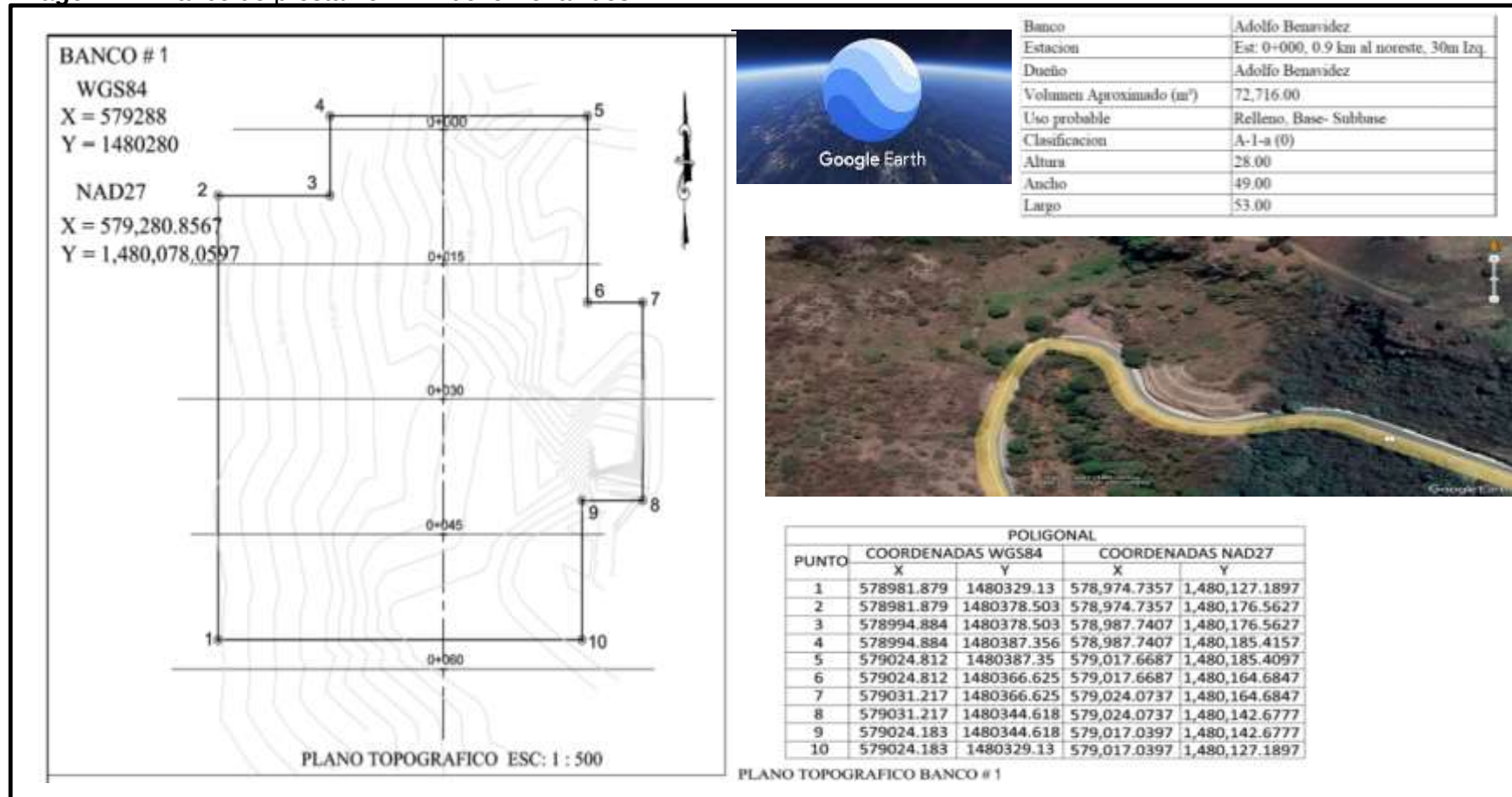
Nota: Las granulometrías a emplear para subbase y base serán respectivamente las columnas B y E.

Tabla 109: Propiedades fisicomecanica de los bancos de préstamos.

<

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega- Laboratorio EDICO.

Imagen- 27: Banco de préstamo n°1 Adolfo Benavides



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega- Laboratorio EDICO. /Google Earth 2022.

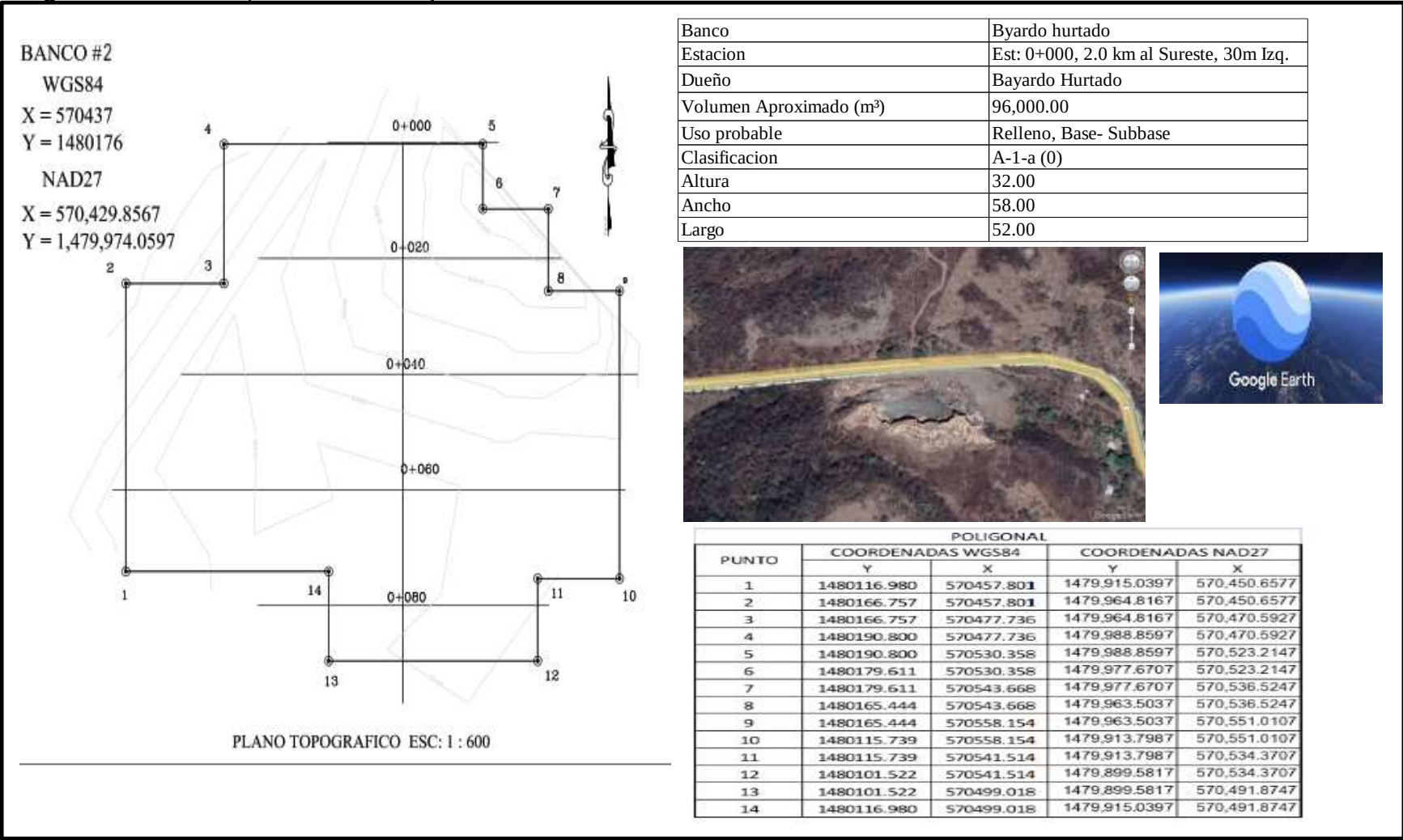
Tabla 110: Ensayos desgaste de los ángeles, intemperismo acelerado, Limite Liquido banco N°1 Adolfo Benavides.

PROYECTO: <u>Diseño de pavimento Articulado de 1.47 km. Emp. Santa Rosa Comunidad La Laguna.</u>										 ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES	
Ubicación: <u>Municipio de Condega- Departamento de Estelí</u>											
Cliente: <u>Alcaldía Municipal de Condega.</u>											
Proyecto : <u>1.47 kilometros de pavimento articulado.</u>										Procedencia: <u>Banco N°1</u>	
										Fecha: <u>13 de Febrero 2018</u>	
ENSAYOS DE LABORATORIO-EDICO											
Banco No. 1		ANALISI GRANUOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS ASTM D- 422AASHTO T-88				ENSAYE DESGASTE DE LOS ANGELES					
Banco: Adolfo Benavidez						MUESTRA					
		Tamices				UBICACIÓN					
		mm				Banco #1, De la Est: 0+000, 0.9 kilometro al noreste					
		Banco: N°2				DUEÑO					
		3"				Adolfo Benavidez					
		2 1/2"				CLASIFICACIÓN AASHTO					
		63				A-1-a(0)					
		2"				SONDEO					
		50				Stock					
		1 1/2"				DETERMINACIÓN No.:					
		37.5				1					
		1"				PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO					
		25				5000					
		3/4"				PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12					
		19				1485					
		1/2"				DIFERENCIA					
		12.5				3515					
		3/8"				% APROXIMADO DE DESGASTE					
		9.5				21.5					
		No. 4				PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12					
		4.75				3500					
		No. 10				% DEFINITIVO DE DESGASTE					
		2				23%					
		No. 40									
		0.425									
		No. 200									
		0.075									
		Clasificación AASHTO				RESULTADO DE INTEMPERISMO					
		A-1-a (0)				7.20%					
		Grupo									
		CBR al 95%									
		86%									
		A-1									
Número de la tara		X-3				LIMITE LIQUIDO					
Peso de tara		0				AASHTO T 89, METODO A					
Peso de tara + material húmedo		150				LIMITE PLASTICO					
Peso de tara + material seco		138				AASHTO T 90					
Peso de material húmedo		150				No. Golpes de cierre:					
Peso de material seco		138				17					
Peso del agua		12				Factor					
% de humedad		9.5				0.954					
Lavado		9.695652174				No. Tara:					
Peso Seco (grs)		151.5				P-36					
Peso seco lavado (grs)		121.6				P-54					
Diferencia (grs)		29.9				R-12					
Pasa N° 200 (grs)		-0.3				T-5					
						Peso de Tara (gr):					
						11					
						P de Tara + Mat. Húmedo (gr)					
						32.8					
						P de Tara + Mat. Seco (gr)					
						29.3					
						Peso del Material Húmedo (gr)					
						21.8					
						Peso del Material Seco (gr)					
						18.3					
						Peso del Agua (gr)					
						3.5					
						% Limite Liquido:					
						18.25					
						RESULTADO					
						LL					
						NP					
						LP					
						NP					
						Clasificación AASHTO					
						A-1-a					
						IP					
						NP					
						Tipo de Suelo					
						Plástico					
						INDICE					
						0					

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-Laboratorio EDICO.



Imagen- 28: Banco de préstamo N°2 Bayardo Hurtado.



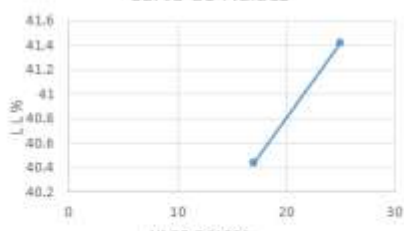
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega- Laboratorio EDICO. /Google Earth 2022.

PROYECTO: Diseño de pavimento Articulado de 1.47 km. Emp. Santa Rosa Comunidad La Laguna.					 ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES	
Ubicación:	Municipio de Condega- Departamento de Estelí					
Cliente:	Alcaldía Municipal de Condega,					
Proyecto :	1.47 kilómetros de pavimento articulado,		Procedencia:	Banco N°2	Fecha:	13 de Febrero 2018

Banco No.2	ANALISI GRANUOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS ASTM D- 422 AASHTO T-88			MUESTRA	
Banco: Bayardo Hurtado				UBICACIÓN	Banco #2, De la Est: 0+000, 2.0 kilometro al noreste
% QUE PASA EL TAMIZ ASTM D-422 AASHTO T-88	Tamices	mm	Banco: N°2	DUEÑO	Bayardo Hurtado
	3"	75	100	CLASIFICACIÓN AASHTO	A-1-a[0]
	2 1/2"	63	100	SONDEO	Stock
	2"	50	100	ENSAYES ADICNALES (A.S.T.M.).	
	1 1/2"	37.5	98		
	1"	25	92	DETERMICACION No.	1
	3/4"	19	86	PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5000
	1/2"	12.5	71	PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1300
	3/8"	9.5	55	DIFERENCIA	3700
	No. 4	4.75	49	% APROXIMADO DE DESGASTE	20
	No. 10	2	20	PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3650
	No. 40	0.425	12	% DEFINITIVO DE DESGASTE	27%
	No. 200	0.075	5	RESULTADO DE INTEMPERISMO	8.5%
	Clasificación AASHTO	A-1-a [0]	Grupo		
	CBR al 95 %	55%	A-1		

Número de la tara	X-90	LIMITES LIQUIDO		LIMITES PLASTICO	
Peso de tara	0	AASHTO T 89, METODO A		AASHTO T 90	
Peso de tara + material húmedo	150	No. Golpes de cierre:	17	25	
Peso de tara + material seco	136.6	Factor	0.984	1	
Peso de material húmedo	150	No. Tara:	p-77	p-40	p-45 p-50
Peso de material seco	136.6	Peso de Tara (gr)	7.4	7.37	11.13 11.34
Peso del agua	13.4	P de Tara + Mat. Húmedo (gr)	31.62	30.04	26.4 25.2
% de humedad	9.80966325	P de Tara + Mat. Seco (gr)	24.41	23.4	22.5 22.4
Lavado	10.80966325	Peso del Material Húmedo (gr)	24.22	22.67	14.27 13.86
Peso Seco (grs)	178.2	Peso del Material Seco (gr)	17.01	16.03	11.37 11.06
Peso seco lavado (grs)	146.7	Peso del Agua (gr)	7.21	6.64	2.9 2.8
Diferencia (grs)	31.5	% Límite Líquido:	40.44	41.42	25.51 25.32
Pasa N° 200 (grs)	0	RESULTADO	LL	17	LP 12
			LL-50		Clasificación AASHTO

Curva de Fluidez



IP	S	Tipo de Suelo:	Plástico
A-1-a		INDICE	0

LIII

Tabla 112: Muestras tomadas en base a la subrasante propuesta en planos.

ESTACIONES	SONDEO	Muestras Tomadas	ALTURA DE CORTE	ALTURA DE RELLENO	CBR Tomado al 95%	terracería / Relleno
0+000	SONDEO-1	1		0.42		55%, Banco N°2
0+000		2				55%, Banco N°2
0+100	SONDEO-2	3		0.18		45%
0+100		4				
0+200	SONDEO-3	5	0.51			
0+200		6				12%
0+300	SONDEO-4	7		0.12		55%, Banco N°2
0+300		8				16.9%
0+400	SONDEO-5	9		0.25		55%, Banco N°2
0+400		10				
0+500	SONDEO-6	11		18		55%, Banco N°2
0+500		12				12.90%
0+600	SONDEO-7	13	0.05			23.8%
0+600		14				13.0%
0+600		15				
0+700	SONDEO-8	16	0.43			
0+700		17				23.8%

Elaborado por Sustentantes.

De los sondeos manuales (Sm-1 al Sm-8) se tomaron un total de 12 muestras de las cuales cinco (5) de ellas corresponde al banco de préstamo Bayardo Hurtado.

Tabla 113: Muestras tomadas en base a la subrasante propuesta en planos.

ESTACIONES	SONDEO	Muestras Tomadas	ALTURA DE CORTE	ALTURA DE RELLENO	CBR Tomado al 95%	terracería / Relleno
0+800	SONDEO-9	18		0.76		55%
0+800		19				
ROCA						
0+900	SONDEO-10	21		1.63		55%
0+900		22				
0+900		23				
1+000	SONDEO-11	24	0.64			
1+000		25				
1+000		26				16.9%
1+100	SONDEO-12	27	0.03			14.5%
1+100		28				
1+200	SONDEO-13	29		1.42		55%
1+200		30				
1+300	SONDEO -15	31	1.14			38%
ROCA						
1+400	SONDEO -15	33	0.70			38%

Elaborado por Sustentantes.

De los sondeos manuales (Sm-9 al Sm-15) se tomaron un total de 7 muestras de las cuales tres (3) de ellas corresponde al banco de préstamo Bayardo Hurtado.

Imagen- 29: Vehículo de diseño (C3).



Fuente: Imágenes recopiladas-SIECA 2011, pág. 38

Tabla 114: Distribución de peralte para cada uno de los radios presentados.

Nº CURVA	PI	PC	PT	Radio de la Curva (mt)	Gc	Peralte Calculado en %.	Peralte Asumido en %.
1	0+090.84	0+042.82	0+135.76	150.000	7.639	3.7	3.7
2	0+190.73	0+154.24	0+227.18	1000.000	1.146	0.6	C.N.
3	0+314.72	0+286.30	0+343.08	500.000	2.292	1.3	C.N.
4	0+417.86	0+399.41	0+436.29	1000.000	1.146	0.6	C.N.
5	0+641.82	0+628.97	0+654.53	100.000	11.459	5.2	5.2
6	0+702.94	0+680.99	0+723.54	70.000	16.370	6.6	6.6
7	0+810.74	0+768.77	0+848.25	100.000	11.459	5.2	5.2
8	0+899.86	0+876.46	0+920.23	50.000	22.918	7.7	7.7
9	0+948.38	0+934.77	0+961.91	150.000	7.639	3.7	3.7
10	0+990.88	0+976.45	1+005.01	80.000	14.324	6.1	6.1
11	1+032.55	1+018.86	1+046.19	200.000	5.730	2.9	C.N.
12	1+074.50	1+060.78	1+088.17	200.000	5.730	2.9	C.N.
13	1+113.69	1+100.36	1+126.98	200.000	5.730	2.9	C.N.
14	1+211.84	1+196.42	1+226.78	70.000	16.370	6.6	6.6
15	1+315.14	1+274.73	1+350.69	90.000	12.732	5.6	5.6
16	1+412.29	1+389.61	1+434.77	200.000	5.730	2.9	C.N.
* C.N=Corona Normal (seccion con bombeo del 3.0%). ** C.I=Corona Inversa (seccion con peralte minimo del 3.0%).							

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 115: Sobre anchos en curvas.

CURVA No.	ESTACION DEL PI	Δ	RADIO (m)	ESTACION DEL PC	ESTACION DEL PT	ESTACION DEL CENTRO DE LA CURVA	SOBRE ANCHO CALCULADO (m)	SOBRE ANCHO A USAR (m)
1	0+090.84	35.5005	150.00	0+042.82	0+135.76	0+088.55	0.60	0.60
2	0+190.73	4.179	1000.00	0+154.24	0+227.18	0+190.71	0.20	0.00
3	0+314.72	6.5065	500.00	0+286.30	0+343.08	0+314.67	0.30	0.00
4	0+417.86	2.1131	1000.00	0+399.41	0+436.29	0+417.86	0.20	0.00
5	0+641.82	14.6403	100.00	0+628.97	0+654.53	0+641.72	0.80	0.80
6	0+702.94	34.8235	70.00	0+680.99	0+723.54	0+701.93	1.00	1.00
7	0+810.74	45.5374	100.00	0+768.77	0+848.25	0+807.47	0.80	0.80
8	0+899.86	50.1523	50.00	0+876.46	0+920.23	0+897.66	1.30	1.30
9	0+948.38	10.3675	150.00	0+934.77	0+961.91	0+948.50	0.60	0.60
10	0+990.88	20.4514	80.00	0+976.45	1+005.01	0+990.83	0.90	0.90
11	1+032.55	7.8301	200.00	1+018.86	1+046.19	1+032.70	0.50	0.00
12	1+074.50	7.8451	200.00	1+060.78	1+088.17	1+074.65	0.50	0.00
13	1+113.69	7.6262	200.00	1+100.36	1+126.98	1+113.84	0.50	0.00
14	1+211.84	24.8504	70.00	1+196.42	1+226.78	1+211.67	1.00	1.00
15	1+315.14	48.3558	90.00	1+274.73	1+350.69	1+311.78	0.80	0.80
16	1+412.29	12.9372	200.00	1+389.61	1+434.77	1+412.60	0.50	0.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Imagen- 30: Características del adoquín tipo tráfico.

Adoquín tipo Tráfico



Adoquines tipo cruz

- Resistencia 28 días: 3500 PSI

Dimensiones

Largo: 24 CM	Ancho: 22 CM	Espesor: 10 CM
--------------	--------------	----------------



Ventajas

- Fácil manejo en el transporte y la colocación, ya que no requieren de mano de obra especializada
- Fabricados a base de concreto de alta resistencia.
- Resistentes a la absorción, intemperie y humedad, generando un pavimento casi indestructible.
- Superficie es autoderrapante, todo ello con una apariencia agradable y a un costo más accesible.
- Su capacidad de transmitir carga permite pesos y tráficos que sobre sub-bases que requieran espesores mayores de concreto o en su defecto refuerzo de acero.

Fuente: CEMEX Managua- Nicaragua (Elementos de concreto 2023).