



**Universidad
Nacional de
Ingeniería**

Área de Construcción de Ingeniería y Afines

**“DISEÑO GEOMÉTRICO Y
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
ARTICULADO APLICADO POR EL
MÉTODO DE LA AASHTO 93 DE 1.5 KM
DE CALLE, COMPRENDIDO EL TRAMO
DE SAN NICOLÁS-COMUNIDAD LA
PUERTA, UBICADO EN EL
DEPARTAMENTO DE ESTELÍ, DEL AÑO
2022”**

Monografía para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Álvaro Rafael Rizo
Gómez
Carnet: 2014-0494N.

Tutor:

Br. Edwin Ariel Dávila
Machado
Carnet: 2014-0453N.

Msc. Ing. Gioconda
Isabel Juárez Romero

17 de junio del 2024
Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

A Dios, Nuestro señor Jesucristo y creador todo poderoso, quien me ha brindado buena salud e inteligencia, quien me ha guiado en este proceso para poder culminar mis propósitos con buena salud y cuidando de mí en cada día.

A la Virgencita María, mi intercesora y consuelo en cada momento de mi vida.

A mi madre María Gómez, que con ayuda de ella he logrado cumplir cada una de mis metas, tanto como mi guía espiritual quien reza por mí en cada momento, la que me ha ayudado a formarme como soy, con humildad, formalidad responsabilidad y responsabilidad.

A mi padre Rafael Rizó, un apoyo incondicional en este proceso, siempre me forjó siendo una persona de buenas costumbres, con su carácter y como es un hombre responsable y el Junto a mi madre, me han logrado permitir cumplir mis sueños.

A mi hermano Deybid Rizo, quien siempre me ayudó en mis trabajos de campo de mi tesis que él estaba ahí, el primero en ayudar a realizar mis pruebas de sondeo y levantamiento topográfico, un hermano respetuoso y cariñoso.

A mi Hermana Freydell Castro, mi hermana mayor, mi consejera que siempre me ha animado en mis momentos de bajones emocionales.

Br. Álvaro Rafael Rizo Gómez

DEDICATORIA

Dedico Esto a Dios, Nuestro señor Jesucristo y creador del cielo y de la tierra todo poderoso, quien me ha brindado buena salud e inteligencia, quien me ha guiado en este proceso para poder culminar mi propósito.

A la Virgen de Guadalupe, mi intercesora para momentos difíciles de mi vida.

A mi madre Florencia Machado Rizo, que con ayuda de ella he logrado cumplir mis propósitos cada día, la que me ha ayudado a formarme como soy, con humildad, honestidad y responsabilidad.

A mi padre Pablo Javier Dávila, un apoyo incondicional en este proceso, siempre me forjó siendo una persona de buenos valores, con su carácter y como es un hombre responsable y el Junto a mi madre, me han logrado permitir cumplir mis sueños.

A mi hermano Milton Javier Dávila Ponce, quien siempre me ayudó en mis trabajos de campo de mi tesis que él estaba ahí para apoyarme en los momentos difíciles.

A mi Tía Gregoria Machado Rizo, mi consejera que siempre me ha estado conmigo aconsejándome para que cumpla mis objetivos.

Br. Edwin Ariel Dávila Machado

AGRADECIMIENTO

Yo **Edwin Ariel Dávila Machado**, agradezco a mi familia por ayudarme incondicionalmente y apoyarme hasta el último momento y no dejarme solo a pesar de los momentos difíciles que he pasado con mi madre Florencia Machado Rizo, agradezco infinitamente por todo lo que ha hecho por mí, aparte agradezco a nuestra tutora por guiarnos y orientarnos en este Proyecto Monográfico Msc. Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero, la que agradecemos infinitamente por todo lo que ha hecho por nosotros y tener la paciencia y orientación de la cual estoy meramente agradecido, Sabemos y estamos conscientes que este no fue un camino fácil pero no imposible y estoy más que orgulloso de poder ser parte de esta gran prestigiosa Universidad y de poder culminar mi carrera universitaria a como se merece.

Yo **Álvaro Rafael Rizo Gómez**, Primeramente doy gracias a Dios por permitirme tener una muy buena experiencia en la Universidad Nacional de Ingeniería, del cual estoy muy satisfecho por el conocimiento aprendido por parte del personal docente y poder guiarme en la vía de ser un profesional de Ingeniería, siguiente agradezco a mi madre María Concepción Gómez Sevilla, que ha sido el pilar de este proceso del cual quiero hacerla sentir orgullosa que a pesar de todo siempre con la frente en alto, agradezco igualmente a nuestra Tutora de Monografía, Msc. Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero por darnos la orientación correspondiente dentro de este proceso del cual nos hemos sentido muy satisfechos con sus recomendaciones, espero que Dios nos llene de salud y bienestar para poder ejercer con profesionalismo y ética profesional como se caracteriza los graduados de esta gran Prestigiosa Universidad y poder desempeñar las labores como corresponden.

Porque para Dios no hay nada Imposible, Lucas 1:37.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tiene como objetivo realizar una propuesta de diseño geométrico haciendo uso del software civil 3D y estructural de pavimento articulado de 1,5 km de calle, ubicado en el departamento de Estelí, Municipio San Nicolas, aplicando el método de la AASHTO-93.

CAPITULO I: GENERALIDADES

Se aborda la información general del proyecto como la ubicación, introducción, antecedentes del lugar y la justificación de la importancia del diseño de 1,5 kilómetros de pavimento articulado y objetivos planteados para conseguir con éxito su diseño final.

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO

Se realizó un aforo vehicular en la estación 0+000 por tres días (martes, miércoles y jueves) durante 12 horas diarias, para la obtención del TPDA y volumen de tránsito bajo el formato de las tablas estipuladas por los anuarios estadísticos del MTI 2020.

CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELOS

Se realizó sondeos manuales para determinar las propiedades físico mecánicas de los suelos del tramo en estudio, 9 sondeos fueron ubicados a cada 200 metros con una profundidad de 1,5 metros y luego las muestras de cada estrato se analizaron en el laboratorio. Se interpretaron resultados obtenidos de estudios de suelo en el banco de préstamo más cercano al proyecto, los ensayos se realizaron en base a las normas de la AASTHO-93, permitieron determinar si era viable en la estructura de pavimento el suelo analizado en el laboratorio.

CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Se realizó un levantamiento topográfico con estacionamientos cada 20 metros en tangentes y 5 metros en zonas sinuosas para la obtención del relieve y la rasante optima, de acuerdo con el manual de revisión de Levantamientos Topográficos del MTI se encuentra cumpliendo cada uno de los parámetros establecidos en el mismo.

CAPITULO V: DISEÑO GEOMETRICO

Se utilizó el programa CIVIL 3D el cual permitió que la vía quede geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por trazado de su sección transversal a través del proceso de correlación entre sus elementos físicos y sus características de operación de los vehículos, adoptando las normas de diseño mostradas en el Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA 2004).

CAPITULO VI: DISEÑO DE ESPESORES

Se determinaron espesores de cada capa que integra la estructura de pavimento articulado donde se obtuvo el número estructural del pavimento que pueda soportar el nivel de carga, basándose en el método desarrollado por la American Association Of State Highway and Transportation Officials correspondiente a la versión AASHTO-93. Se definieron parámetros de variables de diseño tal como: Variables de tiempo, confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar (S_o), módulo de resiliencia y coeficiente de drenaje.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se muestran las conclusiones obtenidas según así se realizó cada uno de los procesos que hicieron posible la culminación de cada actividad, de la misma forma se determinaron recomendaciones adecuadas que permitan la forma más adecuada de la ejecución de cada de cada tarea.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Descripción del área de estudio	2
1.2.1. Macro localización.....	2
1.2.2. Micro localización.....	2
1.3. Antecedentes	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO	7
2.1. Introducción.....	7
2.2. Estudio de tránsito.....	7
2.2.1. Volumen de tránsito	7
2.2.2. Tránsito Promedio Diario (TPD).....	8
2.2.3. Tránsito Promedio Diario (TPDi)	8
2.3. Aforos vehiculares.....	8
2.4. Tipos de estaciones de conteo vehicular	9
2.4.1. Estación de Mayor Cobertura (EMC)	9
2.4.2. Estación de Corta Duración (ECD)	9
2.4.3. Estación de Conteo Sumaria (ECS).....	9
2.5. Clasificación vehicular.....	9
2.6. Procesamiento y análisis de la información del estudio	10
2.7. Elección de vector de correspondencia.....	15
2.8. Estación de mayor cobertura	15

2.9.	Estación de mayor cobertura correspondiente al tramo en estudio	16
2.10.	Elección de la estación de conteo sumaria más cercana al sitio en estudio	19
2.11.	Factores de ajuste correspondientes a la EMC 1802	20
2.12.	Cálculo del TPDA	21
2.12.1.	Registros históricos del TPDA ECS 3504 La Estanzuela – San Nicolás	25
2.13.	Proyección del tráfico a futuro	27
2.13.1.	Registros históricos del crecimiento poblacional.....	28
2.13.2.	Registros históricos del TPDA EMC 1802 San Marcos – Masatepe	29
2.13.3.	Registros históricos del Producto Interno Bruto	31
2.13.4.	Registros históricos del consumo de combustible (BCN).....	33
2.13.5.	Resumen de las tasas representativas calculadas	36
2.14.	Tránsito de diseño	37
2.14.1.	Periodo de diseño	37
2.14.2.	Factor Direccional	38
2.14.3.	Factor de Distribución por Carril.....	38
2.14.4.	Factor de Crecimiento	39
2.14.5.	Proyección del Tránsito Para el Año 2042	39
2.15.	Cálculo de Tránsito de Diseño y ESAL´S	42
2.15.1.	Peso por eje vehicular.....	42
2.15.2.	Cálculo del tránsito de diseño	42
2.15.3.	Determinación de los factores ESAL´S	44
2.16.	Cálculo del ESAL´S de diseño.....	45
CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO		47
3.1.	Introducción.....	47
3.2.	Generalidades del Estudio Geotécnico	48

3.2.1.	Estudio de suelos.....	48
3.2.2.	Problemas existentes al analizar los suelos.....	48
3.3.	Clasificación de los Suelos.....	49
3.3.1.	Clasificación AASHTO	49
3.4.	Compactación de Suelos	51
3.4.1.	Factor que afecta la compactación de los suelos (Humedad).....	51
3.5.	Energía de Compactación.....	52
3.6.	Tipo de Suelo	52
3.7.	Prueba de CBR (Californian Bearing Ratio)	53
3.8.	Trabajo de campo	54
3.8.1.	Sondeos realizados en el tramo en estudio	54
3.9.	Trabajo de laboratorio	56
3.10.	Resultados analizados.....	58
3.11.	Ensayos de compactación.....	59
3.11.1.	Ensayo de Valor Soporte California CBR.....	59
3.11.2.	Análisis de los resultados de CBR del sitio	63
3.12.	Estudios de bancos de materiales	63
3.12.1.	Consideraciones para la elección del banco a utilizar.....	63
3.12.2.	Consideraciones para la capa base	63
3.12.3.	Consideraciones para la capa sub base	64
3.12.4.	Banco de materiales propuesto para la capa base	65
3.12.5.	Banco de materiales propuesto para la capa sub – base	67
3.13.	Elección de los Bancos a utilizar para base y sub – base	68
3.14.	Determinación del CBR de diseño.....	71
3.14.1.	Identificación de la sub – rasante.....	71
	CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	76
4.1.	Introducción.....	76
4.1.1.	Levantamientos topográficos	76

4.1.2.	Tipos de levantamientos topográficos.....	76
4.2.	Desarrollo de levantamiento topográfico.....	76
4.3.	Levantamiento de detalles.....	77
4.3.1.	Métodos utilizados en el levantamiento de detalles.....	78
4.4.	Altimetría.....	78
4.4.1.	Nivelación compuesta.....	78
4.5.	Estación total.....	78
4.5.1.	Proceso del levantamiento topográfico utilizando estación total ...	79
4.6.	Levantamiento topográfico aplicado al tramo San Nicolás – Comunidad La Puerta.....	79
4.6.1.	Equipos utilizados para el levantamiento topográfico.....	80
4.6.2.	Procedimiento aplicado para el levantamiento topográfico en el tramo en estudio.....	80
4.7.	Depuración de los puntos asistido por Excel.....	81
4.7.1.	Información adquirida de la estación total.....	81
4.8.	Relieve del tramo en estudio.....	82
CAPITULO V: DISEÑO GEOMETRICO	90	
5.1.	Introducción.....	90
5.2.	Sistemas y clasificaciones.....	90
5.2.1.	Clasificación funcional.....	91
5.2.2.	Clasificación de carreteras regionales SIECA 2004.....	93
5.2.3.	Clasificación de carreteras regionales SIECA 2011.....	94
5.3.	Vehículo de diseño.....	95
5.4.	Trayectorias mínimas de giro de los vehículos de diseño.....	97
5.5.	Velocidad.....	98
5.6.	Velocidad de diseño.....	99
5.7.	Alineamiento horizontal.....	101
CAPITULO VI: DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO.....	114	

6.1.	Introducción.....	114
6.2.	Componentes estructurales del pavimento flexible	114
6.2.1.	Sub – rasante.....	114
6.2.2.	Sub – base.....	114
6.2.3.	Base.....	115
6.2.4.	Capa superficial o capa de rodadura	115
6.3.	Variables de diseño que intervienen en el método de la AASHTO -93 115	
6.3.1.	Número estructural.....	115
6.3.2.	Índice de serviciabilidad	115
6.3.3.	Pérdida de Serviciabilidad.....	116
6.4.	Análisis de Carga y Ejes Equivalentes Para el Diseño de Pavimento	117
6.4.1.	Desviación estándar (So).....	117
6.4.2.	Coefficientes de drenaje	118
6.5.	Análisis de Cargas y Ejes Equivalentes Para el Diseño de Pavimento 119	
6.6.	Módulo Resiliente.....	121
6.7.	Criterios de Estabilidad y Posibilidad de Construcción.....	123
6.8.	Cálculo de los espesores de Capa (D) y Números Estructurales (SN) 124	
6.8.1.	Cálculo del espesor de la capa base	127
6.8.2.	Cálculo del espesor de la capa sub - base	128
6.8.3.	Verificación de los resultados de espesores	128
6.8.4.	Resumen de los resultados.....	129
	CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
7.1.	Conclusiones.....	130
7.2.	Recomendaciones.....	131
	BIBLIOGRAFIA.....	132

ANEXOS |

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Volumen de tránsito	7
Ecuación 2 Tránsito promedio diario	8
Ecuación 3 TPDA	21
Ecuación 4 Tasa de crecimiento.....	28
Ecuación 5 Factor de crecimiento	39
Ecuación 6 Tránsito proyectado al año n	39
Ecuación 7 Tránsito de diseño	42
Ecuación 8 Factores ESAL´S	44
Ecuación 9 ESAL´S de diseño.....	45
Ecuación 10 CBR	53
Ecuación 11 Longitud de la recta, m	101
Ecuación 12 Vehículo en curva	102
Ecuación 13 Est. PC.....	104
Ecuación 14 Est. PT	104
Ecuación 15 Peralte	104
Ecuación 16 LT.....	105
Ecuación 17 m.....	105
Ecuación 18 a.....	105
Ecuación 19 N	105
Ecuación 20 Diferencia algebraica de las pendientes	109
Ecuación 21 Longitud mínima de la curva	110
Ecuación 22 Est. PTV.....	110
Ecuación 23 Elv. PCV	110
Ecuación 24 Elv. PTV	110
Ecuación 25 Δ PSI.....	117
Ecuación 26 SN.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Macro localización.....	2
Figura 2 Micro localización.....	3
Figura 3 Sitio de aforo - Estación 0+00.....	11
Figura 4 Relación Peso volumétrico – Humedad.....	52
Figura 5 Selección del CBR de diseño.....	74
Figura 6 Relación entre el relieve y su representación mediante curvas de nivel.	83
Figura 7 Perfil longitudinal 0+00 – 0+300 San Nicolás - Comunidad La Puerta.	87
Figura 8 Perfil longitudinal 0+300 - 0+580.....	87
Figura 9 Perfil longitudinal 0+580 – 0+840.....	88
Figura 10 Perfil longitudinal 0+840 - 1+090.....	88
Figura 11 Perfil longitudinal 1+090 - 1+370.....	89
Figura 12 Perfil longitudinal 1+370 - 1+500.....	89
Figura 13 Vehículo de diseño (BUS-14).....	96
Figura 14 Coeficiente estructural a2 y MR para base granular no tratada.	122
Figura 15 Coeficiente estructural a3, para sub - base granular.....	123
Figura 16 Determinación del número estructural SN3.....	125
Figura 17 Determinación del número estructural SN2.....	126
Figura 18 Estructura de pavimento articulado.....	129
Figura 19 Aforo vehicular estación 0+00 Sur – Norte.....	I
Figura 20 Aforo vehicular estación 0+00 Norte – Sur.....	II
Figura 21 Clasificación vehicular.....	IX
Figura 22 Diagrama de cargas permisibles (MTI).....	X
Figura 23 Levantamiento topográfico. (BM-banda izquierda y derecha)	LXXV
Figura 24 Levantamiento topográfico. (Banda izquierda y derecha-Linderos)	LXXVI
Figura 25 Levantamiento topográfico. (Linderos y predios aledaños)	LXXVII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de aforo de 12 horas (6:00 am - 6:00 pm). San Nicolás - Comunidad La Puerta. Martes 1 noviembre 2022	12
Tabla 2 Resumen de aforo de 12 horas (6:00 am - 6:00 pm). San Nicolás - Comunidad La Puerta. Miércoles 2 noviembre 2022.....	13
Tabla 3 Resumen de aforo de 12 horas (6:00 am - 6:00 pm). San Nicolás - Comunidad La Puerta. Jueves 3 noviembre 2022.....	14
Tabla 4 Vector de correspondencia geográfica	15
Tabla 5 Estación de mayor cobertura.....	16
Tabla 6 Cálculo del TPDi.....	17
Tabla 7 Elección de estación de mayor cobertura (EMC)	18
Tabla 8 Elección de estación de conteo sumaria ECS 3504	19
Tabla 9 Factores de ajuste - tercer cuatrimestre del año EMC 1802.....	20
Tabla 10 Cálculo del TPDA usando factores de ajuste de la EMC 1802 San Marcos – Masatepe	22
Tabla 11 Porcentaje de vehículos livianos y pesados	23
Tabla 12 Porcentaje de TPDA para cada tipo de vehículo	24
Tabla 13 Registros históricos del TPDA de la ECS 3504 La Estanzuela – San Nicolás.....	26
Tabla 14 Cálculo de la tasa del TPDA de la ECS 3504.....	27
Tabla 15 Registros históricos del crecimiento poblacional	29
Tabla 16 Registros históricos del TPDA de la EMC 1802 San Marcos – Masatepe.....	30
Tabla 17 Cálculo de la tasa del TPDA de la EMC 1802	31
Tabla 18 Registros históricos del producto interno bruto PIB (BCN)	32
Tabla 19 Cálculo de las tasas del producto interno bruto PIB (BCN)	33
Tabla 20 Registros históricos del consumo de combustible (BCN)	34
Tabla 21 Cálculo de las tasas del consumo nacional del combustible (BCN)	35
Tabla 22 Resumen de tasas calculadas.....	36
Tabla 23 Periodo de diseño.....	37
Tabla 24 Factor de distribución direccional	38

Tabla 25 Factor de distribución por carril	38
Tabla 26 Proyección del tráfico al año 2042.....	41
Tabla 27 Cálculo de tránsito de diseño	43
Tabla 28 Cálculo de factor ESAL´S para carro.....	45
Tabla 29 Cálculo de ejes equivalentes a 18 kips con un periodo de diseño de 20 años, pt=2.0 y SN=5.....	46
Tabla 30 Sistema de clasificación de suelos AASHTO	50
Tabla 31 Relación Esfuerzo – Penetración	53
Tabla 32 Clasificación del CBR	54
Tabla 33 Pruebas realizadas al tramo San Nicolás-Comunidad La Puerta y bancos de materiales	54
Tabla 34 Resumen de porcentaje que pasa por el tamiz desde la estación 0+00 - 1+500	57
Tabla 35 Resultados de índice de plasticidad de la estación 0+00 - 1+500	58
Tabla 36 Valores del CBR del tramo en estudio.....	60
Tabla 37 Perfil estratigráfico del estudio.....	62
Tabla 38 Especificaciones de materiales empleados en una Base.....	64
Tabla 39 Especificaciones de materiales empleados en una Base Granular	65
Tabla 40 Requerimientos mínimos para la Capa Base	66
Tabla 41 Requisitos de Graduación de Agregados (Banco # 1).....	67
Tabla 42 Requerimientos mínimos para capa sub – base.....	68
Tabla 43 Requisitos de graduación de agregados (Banco # 2).....	68
Tabla 44 Banco de material a utilizar para base / sub – base	70
Tabla 45 Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño	72
Tabla 46 Valores mayores o iguales para el CBR de diseño	72
Tabla 47 Clasificación del CBR	73
Tabla 48 Datos de CBR de muestras	74
Tabla 49 Datos para calcular el CBR de diseño por interpolación.....	75
Tabla 50 Muestra de los datos levantados (Libreta digital)	82
Tabla 51 Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales	83

Tabla 52 Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros	85
Tabla 53 Sistema de clasificación funcional	92
Tabla 54 Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodamiento	93
Tabla 55 Clasificación Funcional de las Carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de Carriles y Tipo de Superficie de Rodamiento.....	94
Tabla 56 Dimensiones de vehículos de diseño	96
Tabla 57 Radios mínimos de Giro según Vehículos de Diseño.....	98
Tabla 58 Velocidad de diseño en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno	101
Tabla 59 Índice de serviciabilidad inicial.....	116
Tabla 60 Índice de serviciabilidad final	116
Tabla 61 Niveles de confiabilidad recomendados por la AASHTO para las distintas clasificaciones funcionales	117
Tabla 62 Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles	118
Tabla 63 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.....	119
Tabla 64 Diagrama de cargas permisibles para vehículos livianos y pesados .	120
Tabla 65 Espesores mínimos sugeridos por la AASTHO-93 para capas de concreto Asfáltico y base en función del tránsito.....	124
Tabla 66 Espesores de diseño de la estructura de pavimento	129
Tabla 67 Aforo vehicular. Norte-Sur. 01-11-22	III
Tabla 68 Aforo vehicular. Sur- Norte. 01-11-22	IV
Tabla 69 Aforo vehicular. Norte-Sur. 02-11-22	V
Tabla 70 Aforo vehicular. Sur- Norte. 02-11-22	VI
Tabla 71 Aforo vehicular. Norte-Sur. 03-11-22	VII
Tabla 72 Aforo vehicular. Sur- Norte. 03-11-22	VIII
Tabla 73 Diagrama de cargas permisibles de vehículos livianos	XI
Tabla 74 Factores equivalentes de cargas para pavimentos flexibles, ejes simples, pt=2.0, SN=5	XII
Tabla 75 Factores equivalentes de cargas para pavimentos flexibles, ejes tándem, pt=2.0, SN=5	XIII

Tabla 76 Registro del levantamiento del tramo San Nicolás – Comunidad La Puerta.....	XIV
Tabla 77 Leyenda de símbolos para puntos topográficos	LXXIV

CAPITULO I: GENERALIDADES



1.1. Introducción

A nivel nacional se ha venido generando un aumento poblacional bastante considerable, así mismo el transporte vehicular ha tenido un incremento en relación a años anteriores, esto conlleva a la necesidad de obtener mejores condiciones para la facilitar la movilidad y mejorar los accesos vehiculares. Específicamente hablando del tramo de calle entre San Nicolás – Comunidad La Puerta, estas presentan mucha dificultad para facilitar los accesos tanto peatonales como vehiculares y mucho más en temporada de invierno ya que tanto su drenaje, irregularidad geométrica y falta de mejoramiento impiden obtener una mejor circulación.

Actualmente este tramo está conformado por material macadán debido a que el ultimo mejoramiento realizado en este tramo fue en marzo 2021, pero a causa de las épocas de invierno se deteriora rápidamente, debido a esto se ve muy afectado tanto el transporte público como el privado, afectando directamente de esta forma el crecimiento y desarrollo socioeconómico para los habitantes que necesitan transitar por esta vía.

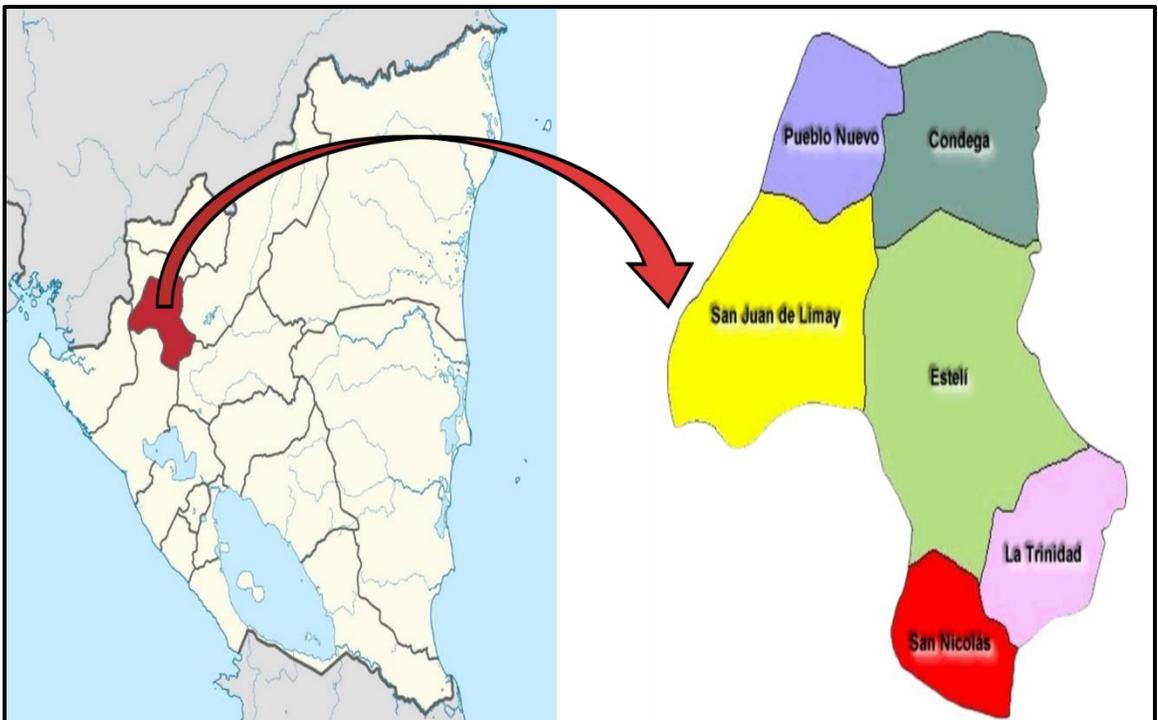
El estudio realizado es de tipo investigativo y tiene como objetivo principal la ejecución del diseño geométrico como los espesores de pavimento articulado que conformarán la carpeta de rodamiento para proporcionar una solución a la problemática de todos los habitantes de la zona en estudio, así mismo para los que transitarán por distintos motivos que facilitan el desarrollo principalmente la agricultura en las dos estaciones del año (invierno y verano) proporcionando un mejor incremento económico y una mejor calidad de vida para todos los pobladores.

1.2. Descripción del área de estudio

1.2.1. Macro localización

El área de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Estelí departamento de Estelí, a 145 km de la capital Managua hacia el norte, colinda al norte con el municipio de Condega, al sur con el municipio de la Trinidad, al este con la Concordia que es un municipio del departamento de Jinotega y al oeste con el municipio de Limay y Achuapa que es un municipio del departamento de León.

Figura 1 Macro localización.



Fuente: INIDE

1.2.2. Micro localización

El proyecto se encuentra situado a 2 kilómetros del municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí y de la capital Managua a 149 kilómetros, la longitud del tramo es de 1.5 kilómetros desde la entrada a la comunidad la puerta Est: 0+000, Finalizando en los Robles Est: 1+500.

Figura 2 Micro localización.



Fuente: <https://www.google.es/maps/place/San+Nicol%C3%A1s/@12.930372,-86.330869,3056m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8f7185db24e6dbd1:0x7c9d9004fb28fd11!8m2!3d12.9339346!4d-86.3465478?hl=es>

1.3. Antecedentes

A partir del año 2006 en Nicaragua habían construido 19,641.159 kilómetros de carretera de los cuales 394.158 km son adoquinados, 2,044.661 km son asfaltados, 3,402.558, km son revestidos, 6,662.300 km son todo tiempo, 7137.472 son de estación seca. En la actualidad hay 4,347 kilómetros de carreteras de buena calidad de los cuales 2490 kilómetros son asfaltados 1560 kilómetros son adoquinados y 297 kilómetros son de concreto hidráulico.

A nivel general las carreteras fueron construidas con especificaciones modestas y de bajo costo, lo que en la actualidad con el incremento del tráfico y al haber cumplido su vida útil estas han alcanzado altos niveles de deterioro, a esto se le agrega que el mantenimiento de las que se han rehabilitado no ha sido oportuno. Esto trae como consecuencia la aplicación de nuevas normas de diseño y mantenimiento ajustado a las exigencias actuales del tráfico.

Al tramo en estudio San Nicolás-comunidad la puerta en marzo 2021 se le da el último mantenimiento que se tiene registrado, en este se le dio una mejora a la carpeta de rodamiento la cual ha sido deteriorada en un corto plazo debido a las afectaciones de las lluvias y la fluidez de vehículos que circulan por ella.

Esto ha venido a ocasionar un impacto negativo en cuanto al transporte público y privado y a la accesibilidad al vertedero y al parque de ferias del municipio San Nicolás.

El mejoramiento de este camino ha sido constantemente demandado por los pobladores quienes han hecho llegar sus solicitudes a las autoridades municipales (Alcaldía San Nicolás) aduciendo la problemática que enfrentan para movilizarse y trasladar la producción que es generada en esta zona.

1.4. Justificación

Toda ciudad debe contar con una red vial interna y externa en buenas condiciones, para lograr un ascenso en el desarrollo económico y social. Es por eso que debe ser una prioridad el mantener las vías de la comunidad en buenas condiciones.

El tramo en estudio es de vital importancia para el acceso al vertedero municipal y al parque de ferias, y además para el sector agropecuario de la zona. Este camino atraviesa zonas de cultivos, principalmente de frijoles, maíz y áreas de uso ganadero.

Indudablemente el mejoramiento de este camino vendría a reducir los costos de transporte considerablemente, brindando como consecuencia un ahorro sustantivo para los productores, así como para la población en general.

El mejoramiento de este tramo permitirá superar la problemática que presenta actualmente el camino por las malas condiciones en que se encuentra, además de los problemas que se generan precisamente a partir de sus condiciones de deterioro como son: dificultad para trasladar la producción de los granos básicos a los centros de acopio para luego ser trasladados a los centros de consumo, problemas para el traslado de la recolección de la basura al vertedero municipal y el mal acceso al parque de ferias que se encuentra en la zona de influencia, así mismo para la población asentada a lo largo del tramo tenga mejores perspectivas de desarrollo y mejorar su calidad de vida.

Debido a la situación actual en la que se encuentra el tramo San Nicolás-comunidad la puerta (ver figura 2. Pág. 3) fue necesario proponer un diseño vial, con el fin de que los vehículos transiten adecuadamente por la vía, de la misma manera un diseño de espesores de pavimento articulado que responda de forma eficiente ante las condiciones climáticas, de alto volumen de tráfico, confort, seguridad y optimización de tiempo al momento de circular por la zona en estudio.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar geoméricamente el tramo y estructura de pavimento articulado aplicando el método de la AASHTO 93 de 1.5 km de calle, comprendido del tramo San Nicolás-Comunidad La Puerta, ubicado en el departamento de Estelí.

1.5.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar estudio de tránsito para obtención del TPDA y su volumen de tránsito.
- ✓ Analizar las características físico mecánicas del suelo del sitio y de los bancos de materiales, proporcionados por la alcaldía de San Nicolás, del departamento de Estelí, garantizando el material adecuado a utilizar en las vías de acceso.
- ✓ Ejecutar el levantamiento topográfico de 1.5 km de calle para la obtención del relieve y la determinación de la rasante óptima.
- ✓ Diseñar Geométricamente el tramo de 1.5 km de calle, comprendido del tramo San Nicolás-Comunidad La Puerta, ubicado en el departamento de Estelí, por medio del manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales (SIECA) 2004 y 2011.
- ✓ Diseñar la estructura de carpeta de rodamiento para pavimento Articulado por el método de la AASTHO 93.

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO



2.1. Introducción

En este capítulo, se muestran los resultados del estudio de tránsito realizado en el tramo San Nicolás - Comunidad la Puerta. En base a dicho estudio, en este capítulo se pretende determinar el periodo de diseño correspondiente al tramo en estudio, al mismo tiempo obtener una tasa de crecimiento vehicular en base al PIB, POB, EMC, ECS y consumo de combustible.

El ESAL de diseño, se realizó con referencia a la proyección del tráfico, cuyos datos obtenidos influyen directamente en el diseño de espesores de pavimento de acuerdo a las solicitudes de carga.

2.2. Estudio de tránsito

Este estudio es de suma importancia cuando a diseño de pavimento nos referimos debido a que, sin realizar un estudio de tránsito, no sería posible realizar dicho diseño, este estudio nos ayudará a determinar la carga vehicular que actuará sobre la carpeta de rodamiento, facilitándonos así el cálculo de los espesores de la misma (MTI, Anuario de aforos de tráfico, 2020).

2.2.1. Volumen de tránsito

El volumen de tránsito tiene como objetivo calcular la cantidad de vehículos que transitarán sobre una vía o un tramo de carretera sin importar la cantidad de carriles con que esta cuente y todo esto determinado por un lapso de tiempo (MTI, Anuario de aforos de tráfico, 2020).

La ecuación 1 nos ayuda a determinar la cantidad de vehículos que circulan por unidad de tiempo y se define de la siguiente manera:

Ecuación 1 Volumen de tránsito

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q= Vehículos que circulan por unidad de tiempo (Vehículos/periodo).

N= Número total de vehículos que transitan (vehículos).

T= Periodo definido (unidad de tiempo).

Cabe señalar que el tránsito es sumamente variable en cualquier lapso de tiempo, quiere decir que puede cambiar entre una hora respecto a otra, de igual manera analizándolo por cada mes también es altamente variable, por lo tanto, se puede determinar el volumen total durante un año para ser más exactos.

2.2.2. Tránsito Promedio Diario (TPD)

Este tipo de volumen es de gran importancia para analizar la capacidad, diseño geométrico, diseño estructural y cómputos estimados para la recolección de impuestos aplicados a todos los usuarios vehiculares de la vía.

2.2.3. Tránsito Promedio Diario (TPDi)

Este cálculo determina el tránsito promedio diario (TPDi), representando la cantidad de vehículos que transitan durante un periodo determinado, por ejemplo, la cantidad de días que se ha realizado un aforo, esta cantidad de días deben ser igual o menores a un año, así mismo mayor a un día, esto debe ser dividido entre el número de días en que se ha aforado. Este promedio se obtiene de la siguiente manera:

Ecuación 2 Tránsito promedio diario

$$TPDi = \frac{\textit{Total de vehiculos por tipo}}{\textit{Cantidad de dias aforados}}$$

2.3. Aforos vehiculares

Este estudio consiste en contabilizar el número de vehículos que transitan durante un determinado tiempo con el fin de proyectar el tránsito actual hasta un tiempo definido llamado periodo de diseño. Existen diferentes métodos para realizar dicho conteo vehicular, así como: aforo manual o visual, aforo automático o mecánico y aforo fotográfico o en movimiento.

Para este caso se utilizó el método llamado manual o visual, es el método más común utilizado, consiste en anotar manualmente los vehículos que pasan por un punto determinado clasificándolos de acuerdo a la cantidad de ejes, cantidad de pasajeros permitidos, peso máximo de carga, entre otros detalles. Para este caso

se aforó los días martes, miércoles y jueves como lo ha establecido históricamente el MTI reflejado en el Anuario de Aforo de Tráfico del MTI 2020 en su página 5.

2.4. Tipos de estaciones de conteo vehicular

2.4.1. Estación de Mayor Cobertura (EMC)

Se define como estaciones de conteos continuos en los 365 días del año con conteos clasificados de 24 horas por día, sin embargo, en los últimos años por razón de una mejor distribución en la logística se dividió el periodo en tres cuatrimestres, realizando conteos clasificados durante 3 veces al año, por 7 días consecutivos cada uno las 24 horas, lográndose obtener el tráfico promedio diario anual (TPDA) que no es más que el promedio de los periodos (Anuario de aforo vehicular MTI 2020. Pág. 8).

2.4.2. Estación de Corta Duración (ECD)

Se aplica a un conjunto de estaciones donde los flujos reportados son mayores de 300 TPDA (MTI, Anuario de aforos de tráfico, 2020).

2.4.3. Estación de Conteo Sumaria (ECS)

Se aplica para las estaciones donde los flujos vehiculares reportados son menores de 300 TDA.

Tanto para las estaciones de corta duración y de conteo sumaria, se realizan conteos clasificados por 12 horas continuas (6:00 am – 6:00 pm) (MTI, Anuario de aforos de tráfico, 2020).

2.5. Clasificación vehicular

Es importante al momento de realizar el conteo vehicular, tomar en cuenta todas las características que nos ayudan a clasificar cada uno de ellos, el ministerio de transporte e infraestructura (MTI) en el Anuario de Aforos de Tráfico 2020 pág. 28, establece una clasificación para cada tipo de vehículo, esto con el fin de que, a la hora de realizar un aforo, se pueda contar adecuadamente de acuerdo a su clasificación. Ver Anexos, pág. IX. Figura 21.

Es importante y necesario clasificar los tipos de vehículos divididos en grupos representativos para un mejor análisis del comportamiento de cada uno de ellos. Estos vehículos fueron organizados de la siguiente manera:

Motocicletas: En esta categoría están incluidas todas las motocicletas incluidas las scooters, moto taxis, motos de 2, 3 y 4 ruedas, de la misma manera se incluyen las que tienen motores de altos CC.

Vehículos livianos: Esta clasificación comprende todos los vehículos de 4 ruedas entre ellos incluidos automóviles, jeep, camionetas y microbuses de uso personal.

Vehículos pesados de pasajeros: En esta categoría están comprendidos los tipos de vehículos que cuentan con 4, 6 hasta más ruedas, así como micro buses pequeños (5 pasajeros), micro buses medianos (25 pasajeros), buses medianos y grandes.

Vehículos pesados de carga: Son los tipos de vehículos que se caracterizan por tener capacidades de transportar grandes cargas, tanto como pasajeros y otros tipos de carga, otra característica es que cuentan con más de 6 ruedas y por poseer más de 2 ejes, entre ellos están incluidos camiones de 2 ejes traseros (C2), camiones (C3), C2R2 y todo vehículo articulado de 5 o 6 ejes clasificados como (T3S2) y (T3S3), a esto se le pueden agregar los vehículos agrícolas y de construcción.

En referencia a los tipos de vehículos clasificados como "Otros", se refiere a los vehículos de remolque, tráiler pequeño que transportan productos fríos, incluidos también los que son remolcados por tracción animal (coches).

2.6. Procesamiento y análisis de la información del estudio

En esta etapa se realizan todos los trabajos de laboratorio, es decir aquí se toman en cuenta los criterios, manuales y reglamentos de diseño con que rigen en Nicaragua cuando a diseño de caminos nos referimos.

Para realizar este aforo (conteo vehicular), se tomó como ubicación un único punto en específico, siendo este como referencia la estación 0+00 del tramo en estudio

debido a que es la entrada principal y única hacia la comunidad La Puerta. Ver figura 3.

En seguida se muestra el resumen de aforo vehicular correspondiente a cada día aforado. Ver Tablas 1, 2 y 3, págs. 13, 14, 15.

Figura 3 Sitio de aforo - Estación 0+00.



Fuente: <https://www.google.es/maps/@12.9308624,-86.3439728,644m/data=!3m1!1e3?hl=es>

Tabla 1 Resumen de aforo de 12 horas (6:00 am - 6:00 pm). San Nicolás - Comunidad La Puerta. Martes 1 noviembre 2022.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: Doble sentido		EST: 0+00		
							FECHA:		MARTES 01 DE NOVIEMBRE DEL 2022		
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga		Equipo pesado		Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6.00 am	7.00 am	9	1	1	2	1		1		15	
7.00 am	8.00 am	16	3	0	8			2		29	
8.00 am	9.00 am	11	2	2	2		1			18	
9.00 am	10.00 am	7	0	0	6	1		3		17	
10.00 am	11.00 am	10	2	2	4					18	
11.00 am	12.00 pm	19	1	0	5		2	2		29	
12.00 pm	1.00 pm	7	2	2	3		1			15	
1.00 pm	2.00 pm	11	1	0	1					13	
2.00 pm	3.00 pm	5	1	1	3	1	2	2		15	
3.00 pm	4.00 pm	11	2	1	2				1	17	
4.00 pm	5.00 pm	5	0	0	1		2			9	
5.00 pm	6.00 pm	5	1	2	2	1				11	
TOTAL		116	16	11	39	4	9	9	2	1	207

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 Resumen de aforo de 12 horas (6:00 am - 6:00 pm). San Nicolás - Comunidad La Puerta. Miércoles 2 noviembre 2022.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: Doble sentido		EST: 0+00		Total
							FECHA:		MIERCOLES 02 DE NOVIEMBRE DEL 2022		
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga		Equipo pesado		Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6.00 am	7.00 am	5	2	1	2	1	3		1	16	
7.00 am	8.00 am	8	3	0	6			1		18	
8.00 am	9.00 am	8	3	2	8	1	2			25	
9.00 am	10.00 am	5	1	0	4		1			11	
10.00 am	11.00 am	5	4	1	6	1	3			20	
11.00 am	12.00 pm	7	2	0	3					12	
12.00 pm	1.00 pm	9	2	1	3	1	2			18	
1.00 pm	2.00 pm	8	2	2	1	1				14	
2.00 pm	3.00 pm	8	2	1	1	1	1			14	
3.00 pm	4.00 pm	5	0	0	2				1	8	
4.00 pm	5.00 pm	6	2	2	2	1	2	1		16	
5.00 pm	6.00 pm	11	2	0	3					16	
TOTAL		85	25	10	41	4	5	14	2	2	188

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 Resumen de aforo de 12 horas (6:00 am - 6:00 pm). San Nicolás - Comunidad La Puerta. Jueves 3 noviembre 2022.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: Doble sentido		EST: 0+00		Total
							FECHA:		JUEVES 03 DE NOVIEMBRE DEL 2022		
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga		Equipo pesado		Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6.00 am	7.00 am	8	2	0	3	1			1		15
7.00 am	8.00 am	21	1	1	5		1	3			32
8.00 am	9.00 am	13	4	1	2	1		1		1	23
9.00 am	10.00 am	11	2	2	4		1	2			22
10.00 am	11.00 am	11	7	0	5	1					24
11.00 am	12.00 pm	16	7	1	5			2			31
12.00 pm	1.00 pm	14	2	1	3		1	1			22
1.00 pm	2.00 pm	11	3	0	3						17
2.00 pm	3.00 pm	9	1	3	4	1		2			20
3.00 pm	4.00 pm	10	2	2	0		1			1	16
4.00 pm	5.00 pm	22	3	3	3			3	1		35
5.00 pm	6.00 pm	11	1	1	0						13
TOTAL		157	35	15	37	4	4	14	2	2	270

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Elección de vector de correspondencia

De acuerdo al MTI, en el Anuario de Aforos de Tráfico 2020, proponen vectores de correspondencia vehicular de acuerdo a la ubicación geográfica de la zona en estudio. La ubicación de este proyecto corresponde a la región Central Norte, vector R3, código CN. Ver tabla 4.

Tabla 4 Vector de correspondencia geográfica.

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

Fuente: Anuario de aforo vehicular MTI 2020-2021 Pág. 7.

2.8. Estación de mayor cobertura

Se refiere a las estaciones donde se realizan conteos continuos correspondientes a los 365 días del año con una duración de 24 horas cada día, sin embargo, para poder realizarlo con esta intensidad se incrementan costos de operación que están fuera del alcance de las autoridades correspondientes, por lo tanto, se ha dividido en 3 cuatrimestres con duración de 24 horas cada día, obteniéndose así el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) conociendo de esta manera el promedio de los periodos.

Tabla 5 Estación de mayor cobertura.

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1	NIC-1	101B	EMC	Zona Franca - La Garita
2	NIC-1	107	EMC	Sébaco - Emp. San Isidro
3	NIC-2	200	EMC	Entrada al INCAE - El Crucero
4	NIC-3	300	EMC	Sébaco - Quebrada Honda
5	NIC-4	401	EMC	Masaya - Granada
6	NIC-7	700	EMC	Emp. San Francisco - Tecolostote
7	NIC-12A	1205	EMC	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega
8	NIC-18A	1802	EMC	San Marcos - Masatepe
9	NIC-24A	2404	EMC	Chinandega - Corinto
10	NIC-24B	2400	EMC	Chinandega (Rotonda) - Ranchería
11	NIC-28	2803	EMC	Nagarote - La Paz Centro

Fuente: Anuario de aforo vehicular MTI 2020-2021 Pág. 10.

2.9. Estación de mayor cobertura correspondiente al tramo en estudio

En el anuario de aforos de tráfico vehicular existen 11 estaciones de mayor cobertura correspondiente a cada una de las regiones del país, para elegir la adecuada se toma en cuenta el porcentaje de volúmenes clasificados por grupos como vehículos livianos y vehículos pesados, para este caso la mayor similitud corresponde a la estación 1802 San Marcos – Masatepe ya que sus volúmenes en porcentaje son muy similares a como se muestra en la Tabla 7, pág. 18. El objetivo principal para utilizar una estación de mayor cobertura, es con el fin de obtener los factores de ajuste correspondientes al cuatrimestre del año en que se realizó este aforo y debido a que no se aforó todo el año, entonces es de suma importancia utilizar estos factores de ajuste para la proyección del tránsito promedio diario anual (TPDA).

Para la elección de la EMC adecuada, se toma en cuenta el porcentaje de vehículos de acuerdo a su clasificación con el objetivo de tomar la estación de mayor cobertura que tenga las tasas más similares obtenidas del cálculo del TPD_i para este caso. Ver tabla 6, Pag 17.

Tabla 6 Cálculo del TPDi.

		DIRECCIÓN: AMBOS SENTIDOS					UBICACIÓN: SAN NICOLÁS - COMUNIDAD LA PUERTA EST. 0+00				
Días	FECHA	VEHÍCULOS DE PASAJEROS					VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		Total / Veh 12 horas
		Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
Martes	1/11/2022	116	16	11	39	4	9	9	2	1	207
Miércoles	2/11/2022	85	25	10	41	4	5	14	2	2	188
Jueves	3/11/2022	157	35	15	37	4	4	14	2	2	270
Total, de vehículos		357	76	36	117	12	18	37	6	5	665
TPDi (12 Hrs)		119	25	12	39	4	6	12	2	2	222
PORCENTAJE		90.08%					8.28%		1.66%		100.00%
		PORCENTAJE DE VEHÍCULOS LIVIANOS					PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DE CARGA				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7 Elección de estación de mayor cobertura (EMC).

N.º	EST	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA	TOTAL, PESADOS	∑ Tx-Sx y Cx-Rx	% de Livianos	% de Pesados	% Tx-Sx y Cx-Rx Vehículos de Carga
1	101B	Zona Franca - La Garita	24,523	5,291	956	78.30%	21.60%	18.10%
2	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	10,585	2,614	934	75.00%	24.70%	35.70%
3	200	Entrada al INCAE - El crucero	9,403	1,183	283	87.30%	12.60%	23.90%
4	1802	San Marcos - Masatepe	9,392	830	69	91.10%	8.80%	8.30%
5	401	Masaya - Granada	8,882	1,074	69	87.80%	12.10%	6.40%
6	107	Sébaco - Emp San Isidro	7,877	1,797	463	77.00%	22.80%	25.80%
7	300	Sébaco - Quebrada Honda	6,270	1,459	200	76.50%	23.30%	13.70%
8	2803	Nagarote - La Paz Centro	6,058	2,227	1106	62.80%	36.80%	49.70%
9	2404	Chinandega - Corinto	5,471	1,754	1,110	67.70%	32.10%	63.30%
10	2400	Chinandega (Rotonda) – Ranchería	4,019	686	166	81.10%	17.10%	24.20%
11	700	Emp - San Francisco - Tecolostote	2,024	638	96	68.30%	31.50%	15.00%

Fuente: Anuario de aforo vehicular MTI 2020-2021 Pág. 13.

Comparando los porcentajes vehiculares mostrados en la Tabla 7, tanto para vehículos livianos y pesados se obtiene una mayor similitud con la EMC 1802 San Marcos – Masatepe.

2.10. Elección de la estación de conteo sumaria más cercana al sitio en estudio

Habiendo elegido correctamente la estación de mayor cobertura (EMC) 1802, se elige una estación de conteo sumaria debido a que el TPDi de este estudio es menor a 300 vehículos por día vpd según lo indica el Anuario de Aforo Vehicular MTI en su página 16. Para este caso se seleccionó la estación ECS 3504 La Estanzuela – San Nicolás por ser geográficamente la más cercana al proyecto. Ver Tabla 8.

Tabla 8 Elección de estación de conteo sumaria ECS 3504.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	N.º EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos- Masatepe	NIC-35A	3505	ECS	Estelí (Inter NIC-1) - La Estanzuela
	NIC-35A	3504	ECS	La Estanzuela- San Nicolas
	NIC-35B	3502	ECD	Estelí (Inter NIC-1) - Emp. Chilamatillo
	NIC-35B	3507	ECS	Emp. Chilamatillo - Escuela Miraflores
	NIC-35B	3508	ECS	Escuela Miraflores - San Sebastián de Yalí (Empalme Quíatas)
	NIC-35C	2605	ECS	El Jicaral - Santa Rosa del Peñón
	NIC-35D	3503	ECD	San Sebastián de Yalí - La Rica
	NIC-36	1214	ECD	Emp Posoltega
	NIC-37A	714	ECS	Las Lajitas - Cuapa - Comarca El Zancudo
	NIC-37B	3701	ECS	Juigalpa - Puerto Diaz
	NIC-38	3801	ECS	Dos Montes - El Sauce
	NIC-38	2611	ECS	El Sauce - Rio Grande

Fuente: Anuario de aforo vehicular MTI 2020-2021 Pág. 59.

2.11. Factores de ajuste correspondientes a la EMC 1802

Cada estación de mayor cobertura cuenta con 3 tipos de factores de ajuste, cada uno correspondiente a cada cuatrimestre del año, para este caso se eligió los factores correspondientes al tercer cuatrimestre del año debido a que el aforo realizado en el campo fue en el mes de noviembre del 2022. Ver tabla 9.

Tabla 9 Factores de ajuste - tercer cuatrimestre del año EMC 1802.

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	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,24	1,43	1,23	1,31	1,18	1,00	1,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	0,94	1,03	1,08	1,01	0,95	0,92	0,90	0,90	0,86	0,89	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12
Factor Fin de Semana	1,19	0,93	0,84	0,97	1,17	1,27	1,37	1,36	1,74	1,46	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79
Factor Expansión a TPDA	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,94	0,87	0,91	0,95	0,82	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06

Fuente: Anuario de aforo vehicular MTI 2020-2021 Pág. 385.

2.12. Cálculo del TPDA

Para determinar el tránsito promedio diario anual, se debe tomar en cuenta el uso de los factores de ajuste necesarios obtenidos a través de la elección de la EMC 1802 San Marcos – Masatepe. Por otra parte, de la elección de la estación de conteo sumaria ECS 3504 La Estanzuela – San Nicolás (Ver Tabla 10, pág. 22) se obtienen los registros históricos que ayudan a determinar una tasa de crecimiento más exacta de acuerdo a los registros históricos realizados por el MTI para determinar la tasa que corresponde a este estudio. La proyección del TPDA se obtiene de la siguiente manera.

Ecuación 3 TPDA

$$TPDA = TPDi_{12H} * FD * FS * FFS * FE$$

Donde:

TPDi_{12H}: Tráfico Promedio Diurno de 12 horas.

FD: Factor día.

FS: Factor semana.

FFS: Factor fin de semana.

FE: Factor expansión (Expansión de TPDA).

Cálculo del tránsito promedio diario anual de las motos.

$$TPDA = (119) * (1.37) * (0.94) * (1.19) * (0.87) = 159.10 \approx 159 \text{ Vehículos/Día.}$$

Tabla 10 Cálculo del TPDA usando factores de ajuste de la EMC 1802 San Marcos – Masatepe.

Factor / tipo de vehículo	VEHICULOS DE PASAJEROS					VEHICULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		Total
	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	C2	C 3	V.A	V.C	
TPDi (12 HRS)	119	25	12	39	4	6	12	2	2	221
Factor Día	1.37	1.34	1.24	1.29	1.24	1.31	1.18	1	1	11
Factor Semana	0.94	1.03	1.08	1.01	0.92	0.86	0.89	1	1	9
Factor Fin de Semana	1.19	0.93	0.84	0.97	1.27	1.74	1.46	1	1	10
Factor Expansión a TPDA	0.87	0.89	0.83	0.9	0.94	0.95	0.82	1	1	8
TPDA (vpd)	159	28	11	44	5	11	15	2	1	276
% TPDA	57.61%	10.14%	3.99%	15.94%	1.81%	3.99%	5.43%	0.72%	0.36%	100%
	89%					11%				
	% De Vehículos Livianos					% De Vehículos Pesados				

Fuente: Elaboración propia.

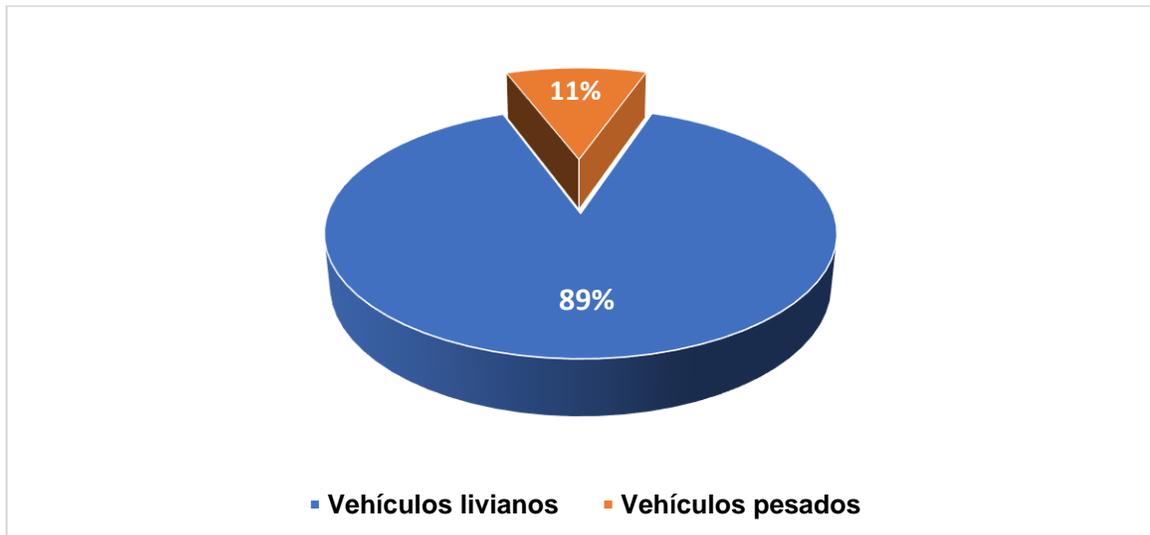
Habiendo obtenido el tránsito promedio diario anual TPDA del sitio en estudio, se obtienen los porcentajes de vehículos livianos y vehículos pesados que transitaron por el sitio durante se realizó el aforo. Para clasificar por cada tipo de vehículo se agruparon de la siguiente manera: Vehículos livianos (Moto, carro, jeep, camioneta, micro bus) con un volumen del 89% y vehículos pesados (C2, C3, VA, VC) con un volumen del 11%, entre los dos grupos de vehículos conforman el 100% del TPDA, dicho resumen se muestra en la Tabla 11 mostrando las tasas correspondientes a cada grupo de clasificación de vehículos clasificados como livianos y pesados.

Tabla 11 Porcentaje de vehículos livianos y pesados

Tipo	Porcentaje
Vehículos livianos	89%
Vehículos pesados	11%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1 Porcentaje de vehículos livianos y pesados.



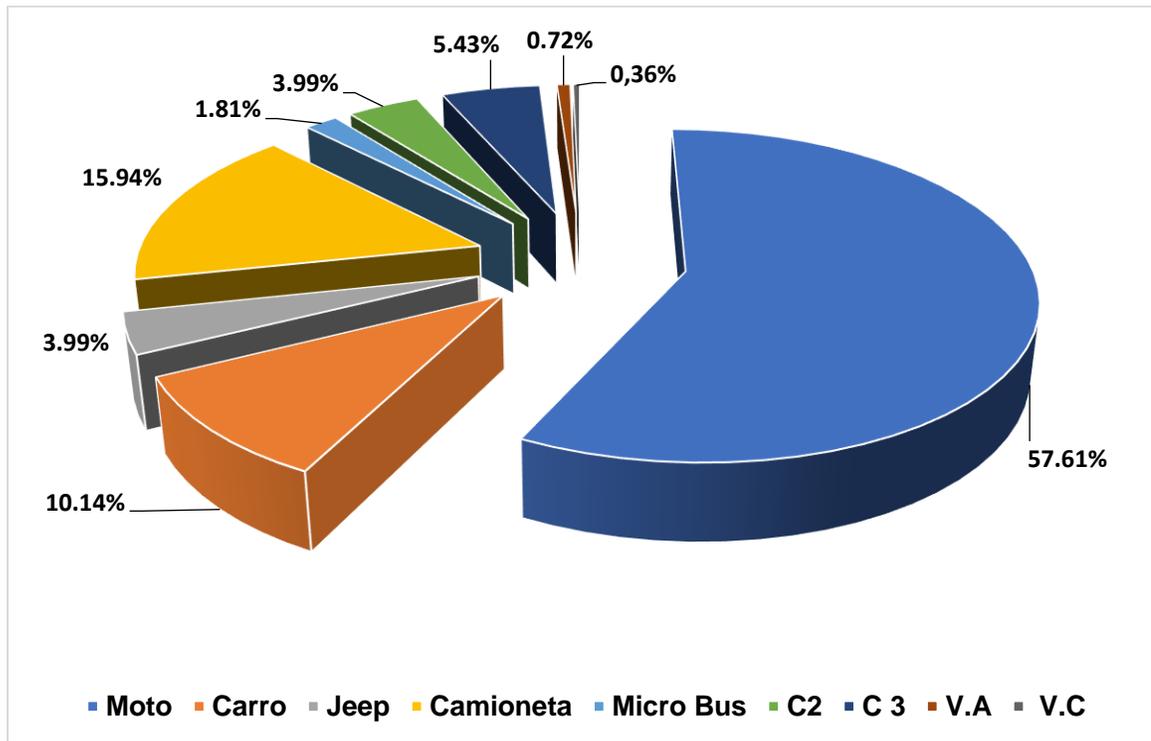
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Porcentaje de TPDA para cada tipo de vehículo.

Tipo	Vehículos Livianos					Vehículos Pesados				Total
	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	C2	C 3	V.A	V.C	
Porcentaje	57.61%	10.14%	3.99%	15.94%	1.81%	3.99%	5.43%	0.72%	0.36%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2 Porcentaje de TPDA para cada tipo de vehículo.



Fuente: Elaboración propia.

2.12.1. Registros históricos del TPDA ECS 3504 La Estanzuela – San Nicolás

Al igual que los registros históricos del TPDA de la EMC 1802, también estos mismos son proporcionados por el MTI, de igual manera por el alto costo de operaciones, el anuario de aforo de tráfico 2020 no proporciona todos los registros de años consecutivamente, sin embargo, se toman en cuenta todos los registros disponibles para determinar una tasa representativa.

Se mostrará un ejemplo de cálculo de una de las tasas tomando en cuenta el TPDA del año 2015 al 2020.

$$TC = \left[\frac{164^{\frac{1}{5}}}{122} - 1 \right] * 100 = 6.10\%$$

Tabla 14 Cálculo de la tasa del TPDA de la ECS 3504.

AÑO	TPDA ECS 3504	TASAS
1998	21	
2003	47	17.48%
2007	92	18.28%
2009	93	0.54%
2011	77	-9.01%
2015	122	12.19%
2020	164	6.10%
MEDIA ARITMETICA		3.32%

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020 EMC – MTI Pág. 152.

Las tasas con valores negativos y mayores que 10 no fueron tomadas en cuenta al obtener la media aritmética.

2.13. Proyección del tráfico a futuro

Para conocer el comportamiento del tráfico en el futuro, es de suma importancia tomar en cuenta los registros históricos que afectan de manera directa el crecimiento del mismo, se toman en cuenta los registros históricos del TPDA para la estación de mayor cobertura EMC 1802 San Marcos – Masatepe, registros del TPDA para la estación de conteo sumaria ECS 3504 La Estanzuela – San Nicolás, del producto interno bruto (PIB), de la población (POB) y del consumo de combustible.

2.13.1. Registros históricos del crecimiento poblacional

Los registros históricos que demuestran el comportamiento del crecimiento poblacional son estadísticas proporcionadas por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), esto facilita determinar el comportamiento de las tasas del crecimiento de la población a través de los años con el fin de obtener una sola tasa representativa para todas ellas determinándola mediante una media aritmética. Para este caso se tomaron registros históricos a partir del año 2005 hasta el 2020.

Para calcular cada una de las tasas se puede aplicar la ecuación 4.

Ecuación 4 Tasa de crecimiento

$$Tasa\ de\ crecimiento = \left[\frac{POBi^{\frac{1}{n}}}{POBo} - 1 \right] * 100$$

Donde:

POBi: Población final.

POBo: Población inicial.

n: Diferencia de años correspondiente a cada periodo analizado.

Como ejemplo se calculará la tasa de crecimiento entre el año 2019 con una población de 6,527,691 y el año 2020 con una población de 6,595,674, donde el año inicial es 2019 y el final es 2020. Ver cálculos en la tabla 15, pág. 29.

$$TC = \left[\frac{6,595,674^{\frac{1}{1}}}{6,527,691} - 1 \right] * 100 = 1.04\%$$

Tabla 15 Registros históricos del crecimiento poblacional.

AÑO	POBLACION POB	TASAS
2005	5,438,447	
2006	5,522,606	1.55%
2007	5,595,541	1.32%
2008	5,668,876	1.31%
2009	5,742,310	1.30%
2010	5,815,524	1.27%
2011	5,996,619	3.11%
2012	6,071,045	1.24%
2013	6,134,270	1.04%
2014	6,198,154	1.04%
2015	6,262,703	1.04%
2016	6,327,927	1.04%
2017	6,393,824	1.04%
2018	6,460,411	1.04%
2019	6,527,691	1.04%
2020	6,595,674	1.04%
MEDIA ARITMETICA		1.30%

Fuente: Anuario Estadístico 2019 INIDE. Pág. 30.

2.13.2. Registros históricos del TPDA EMC 1802 San Marcos – Masatepe

Los registros históricos correspondientes a los TPDA de la estación de mayor cobertura EMC 1802, son estudios realizados y proporcionados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI que año con año se van actualizando para analizar el comportamiento del crecimiento vehicular. Para este análisis se tomaron registros desde el año 2011 hasta el 2020, esto es debido a que el MTI muestra actualmente únicamente estos registros a partir de este año, cabe señalar que esta entidad no registra los datos de cada año consecutivamente por el alto costo de operaciones, sin embargo, se analizarán los datos brindados por el anuario de aforo de tráfico 2020.

Tabla 16 Registros históricos del TPDA de la EMC 1802 San Marcos – Masatepe.

Año	Motos	Auto	Jeep	Cmta	McBus <15 Pas.	McBus 15-30S	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
2020	5661	1294	278	884	344	93	143	410	165	43		69					8	9392
2019	5213	1344	310	957	397	96	158	387	172	50		85					9	9178
2018	5167	1548	319	1032	386	98	159	431	205	54		93					7	9499
2017	4638	1379	346	1068	395	88	158	391	221	60		152			1		11	8908
2016	3942	1453	430	1165	423	94	163	421	272	45		81					11	8500
2015	3372	1291	370	993	388	85	161	382	235	36		80					9	7402
2014	3176	1151	348	936	320	75	145	369	240	41		69					13	6883
2013	2691	1161	319	875	318	86	145	351	187	25		52					11	6221
2012	2789	1084	357	895	341	72	130	347	230	24	2	44				1	8	6324
2011	1971	978	309	803	322	60	139	286	195	27		35					7	5132
2010	1501	1076	336	843	356	82	154	290	214	36		40					8	4936
2009	1326	1068	363	885	340	76	164	323	258	34		42					8	4887
2008	1056	944	327	917	349	78	175	335	270	42		46			1	1	13	4554
2004	288	814	305	1012	281	72	215	321	241	14		37			0		8	3608
2002	234	827	388	1113	260	61	190	223	237	25		31			1		13	3062
1999	224	585	287	938	152	66	196	208	150	34		21			2		17	2871
1997	184	500	234	746	18	69	169	91	206	18		13					12	2260

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020 EMC – MTI Pág. 152.

Haciendo uso de la ecuación 4, se hará un ejemplo calculando la tasa de crecimiento del año 2019 al 2020.

$$TC = \left[\frac{9,392^{\frac{1}{1}}}{9,178} - 1 \right] * 100 = 2.33\%$$

Tabla 17 Cálculo de la tasa del TPDA de la EMC 1802.

AÑO	TPDA EMC 1802	TASAS
2016	8,500	
2017	8,908	1.58%
2018	9,499	2.16%
2019	9,178	-1.70%
2020	9,392	2.33%
MEDIA ARITMETICA		1.09%

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020 EMC – MTI Pág. 152.

Las tasas tomadas en cuenta son únicamente las tasas positivas y menores que 10%.

2.13.3. Registros históricos del Producto Interno Bruto

Estos registros históricos del Producto Interno Bruto (PIB), son proporcionados directamente por el banco central de Nicaragua (BCN) quien es el ente encargado de mostrar el comportamiento de la economía del país que va en función del crecimiento comercial. Ver tabla 18, pág. 32.

Tabla 18 Registros históricos del producto interno bruto PIB (BCN).

Concepto	Producto Interno Bruto - Gross domestic Product
2006	118.837,7
2007	124.870,3
2008	129.160,5
2009	124.907,7
2010	130.416,3
2011	138.654,3
2012	147.661,4
2013	154.936,8
2014	162.351,3
2015	170.131,6
2016	177.893,9
2017	186.133,6
2018	179.873,3
2019	173.264,3
2020	169.838,2

Fuente: Anuario Macro Económico 2020 BCN Pág. 12.

Un ejemplo de cálculo de una de las tasas del año 2016 (177,894.9 millones de córdobas) al 2017 (186,133.6 millones de córdoba) se muestra a continuación.

$$TC = \left[\frac{186,133.6^{\frac{1}{1}}}{177,894.9} - 1 \right] * 100 = 4.63\%$$

Tabla 19 Cálculo de las tasas del producto interno bruto PIB (BCN).

Año	PIB (Millones de C\$ constantes)	TASAS
2010	130,416.30	
2011	138,654.20	6.32%
2012	147,661.40	6.50%
2013	154,936.80	4.93%
2014	162,351.30	4.79%
2015	170,131.60	4.79%
2016	177,894.90	4.56%
2017	186,133.60	4.63%
2018	179,873.30	-3.36%
2019	173,264.30	-3.67%
2020	169,838.20	-1.98%
MEDIA ARITMETICA		5.22%

Fuente: Anuario Macro Económico 2020 BCN Pág. 12.

Se tomaron en cuenta únicamente las tasas positivas para determinar la media aritmética,

2.13.4. Registros históricos del consumo de combustible (BCN)

Para conocer el crecimiento vehicular dentro del país, es de suma importancia tomar en cuenta el consumo de combustible anualmente porque este determina la demanda del mismo y nos ayuda a identificar directamente cual es el crecimiento año con año. Estos datos son proporcionados por el Banco Central de Nicaragua BCN quien es el ente que se encarga de controlar las estadísticas y comportamiento del consumo representado en barriles. Ver Tabla 20, pág. 34.

Tabla 20 Registros históricos del consumo de combustible (BCN).

Concepto	Gas Licuado	Gasolina	Keraturbo	Diesel	Fuel Oil	Asfalto
2006	672,1	1622,9	201,5	3.079,70	3.646,80	78,4
2007	714,7	1.715,9	240,0	3.505,70	3.437,70	118,3
2008	707,5	1.705,9	216	3.152,9	3.437,7	118,3
2009	747,4	1.820,1	191,8	3.115	3.812,1	69,9
2010	875,4	1.860,8	180,0	3.282,3	3.297,0	82,4
2011	792,6	1.914,0	187,4	3.474,0	3.894,5	114,0
2012	940,2	2.055,1	208,6	3.560,7	3.442,7	104,9
2013	1.056,9	2.132,3	201,9	3.655,9	3.037,7	69,5
2014	1.094,4	2.273,5	214,9	3.853,6	3.078,6	64,4
2015	1.233,9	2.581,6	244,9	4.232,1	3.501,2	115,5
2016	1.349,4	2.846,0	243,5	4.441,5	3.411,6	131,3
2017	1.438,9	2.968,9	272,3	4.279,30	2.954,00	95,40
2018	1.430,0	2.781,0	204,0	4.279,3	2.891,6	113,3
2019	1.429,7	2.929,4	185,5	4.337,7	3.036,0	141,1
2020	1.534,2	2.900,6	100,7	4.309,5	1.981,9	81,2

Fuente: Anuario Macro Económico 2020 BCN Pág. 34.

Los registros históricos mostrados para obtener la tasa de crecimiento de dicho consumo, está comprendido a nivel nacional para una mayor precisión de este valor.

El siguiente ejemplo demuestra el cálculo de una de las tasas que representa el crecimiento del consumo de combustible realizando la sumatoria entre Diesel y Gasolina correspondiente a cada uno de los años, para este ejemplo se tomó el consumo del año 2018 con 7,060.3 barriles y el año 2019 con 7,267.1 barriles.

$$TC = \left[\frac{7,267.1}{7,060.3} - 1 \right] * 100 = 2.93 \%$$

Tabla 21 Cálculo de las tasas del consumo nacional del combustible (BCN).

Año	Gasolina mas Diesel (miles barriles)	TASAS
2010	5,143.1	
2011	5,388.0	4.76%
2012	5,615.8	4.23%
2013	5,788.2	3.07%
2014	6,127.1	5.86%
2015	6,813.7	11.21%
2016	7,287.5	6.95%
2017	7,596.4	4.24%
2018	7,060.3	-7.06%
2019	7,267.1	2.93%
2020	7,210.1	-0.78%
MEDIA ARITMETICA		4.58%

Fuente: Anuario Macro Económico 2020 BCN Pág. 34.

2.13.5. Resumen de las tasas representativas calculadas

De las tasas encontradas anteriormente, se debe tomar una tasa representativa, esta debe tener características que coincidan con las tasas mostradas en los registros históricos del TPDA tanto para la EMC como para la ECS, ver tabla 13, pág. 26 y tabla 16, pág. 30. Cabe mencionar que esta tasa debe ser inferior a la EMC debido a que es una zona rural, todas coinciden con el comportamiento de la tasa registrada por el MTI, por lo tanto, se obtendrá la tasa promedio de las señaladas.

Tabla 22 Resumen de tasas calculadas.

TASAS DE CRECIMIENTO POR TIPO DE VARIABLE	
VARIABLE	TASA DE CRECIMIENTO
POBLACION POB	1.30%
TPDA EMC 1802	1.09%
TPDA ECS 3504	3.32%
PIB (Millones de C\$ constantes)	5.22%
Consumo Nac. Combustible (miles barriles)	4.58%
MEDIA ARITMÉTICA	3.10%

Fuente: Elaboración propia.

La tasa representativa a utilizar en los cálculos siguientes, será la tasa promedio de las antes mencionadas, se determinarán en seguida.

$$TC = \frac{1.30 + 1.09 + 3.32 + 5.22 + 4.58}{5} = 3.10\%$$

Las tasas tomadas en cuenta para determinar la tasa representativa se obtienen del promedio de las tasas del crecimiento de la población POB, del TPDA de la EMC 1802, del TPDA de la ECS 3504, del producto interno bruto PIB y del consumo nacional de combustible, obteniendo así una tasa de 3.10%.

2.14. Tránsito de diseño

El tránsito de diseño nos permite encontrar el número de ejes equivalentes que circulan por el sitio en un lapso de tiempo, obteniendo de esta manera encontrar el ESAL's de diseño que es el objetivo principal de este capítulo.

2.14.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño nos indica la vida útil en años que se espera que el diseño preste las condiciones más óptimas para que pueda circular por este mismo incluso el tránsito futuro que se espera que incremente a través de los años, dentro del periodo de diseño se espera que el pavimento no se vea afectado por los factores que influyen en su deterioro, así como la carga vehicular como las situaciones climatológicas al menos durante el periodo estimado.

Tabla 23 Periodo de diseño

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20-40 Años
Troncales Sub-urbanas	15-30 Años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	10-20 Años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002. Capítulo 7, Pág. 3.

Por tener un bajo volumen de tráfico actual el sitio, este se clasifica como colectoras y es rural porque está localizado en una zona rural, según indica la tabla 23, corresponde elegir un periodo de diseño entre 10 y 20 años, por lo tanto, para este caso se elegirá un periodo de 20 años.

2.14.2. Factor Direccional

El factor direccional es un número correspondiente que va en dependencia de la cantidad de vehículos que circularán en una sola dirección o en un solo sentido, normalmente este es equivalente a la mitad del total de vehículos circulando en ambas direcciones. Para este caso corresponde utilizar un factor de $0.5 \approx 50\%$ según indica la tabla 24.

Tabla 24 Factor de distribución direccional.

Número de Carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: AASHTO, Guide for design of Pavement structures 1993. Design Requeriments, pág. 97.

2.14.3. Factor de Distribución por Carril

Este factor es una representación relativa que corresponde al carril que soportará el mayor número de ESAL'S, este indica la cantidad de carriles en un solo sentido de acuerdo al diseño, debido a que este diseño cuenta con dos carriles cada uno en una dirección, quiere decir que cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, para este caso corresponde utilizar un 100% según se indica en la tabla 25.

Tabla 25 Factor de distribución por carril.

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

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO 93. Pág. 58.

2.14.4. Factor de Crecimiento

Este factor depende directamente de la cantidad en años para lo que se está proyectando el diseño y la tasa representativa de crecimiento vehicular, este valor representa el incremento del flujo vehicular dentro del periodo de diseño, este se obtiene a través de la ecuación 5.

Ecuación 5 Factor de crecimiento

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365$$

Donde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del tránsito.

n: Periodo de diseño (años).

365: Días del año.

Tomando en cuenta para este diseño una proyección de 20 años y una tasa de crecimiento vehicular de 3.10% se obtiene el siguiente resultado como factor de crecimiento.

$$FC = \frac{(1 + 0.031)^{20} - 1}{0.031} * 365 = 9,908.06$$

2.14.5. Proyección del Tránsito Para el Año 2042

Para proyectar el tránsito se debe tomar en cuenta principalmente el periodo de diseño que para este caso será de 20 años, también se tomará en cuenta la tasa de crecimiento vehicular equivalente a 3.10%. Esta proyección estará definida por la ecuación 6.

Ecuación 6 Tránsito proyectado al año n

$$Tn = To * (1 + i)^n$$

Donde:

Tn: Tránsito proyectado al año n.

To: Tránsito inicial en el año n.

i: Tasa de crecimiento vehicular anual.

n: Número de años del periodo de diseño.

Como ejemplo se calcula la proyección para el tipo de vehículo Moto, obteniendo como resultado:

$$T_n = 162 * (1 + 0.031)^{20} = 298 \text{ Veh./Dia.}$$

Tabla 26 Proyección del tráfico al año 2042.

Año	Número	VEHÍCULOS DE PASAJEROS					VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		Total
		Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	C2	C 3	V.A	V.C	
2022	0	162	28	11	44	5	11	15	2	1	279
2023	1	167	28	11	45	5	11	15	2	1	285
2024	2	172	29	12	46	5	11	15	2	1	293
2025	3	177	30	12	48	5	12	16	2	1	303
2026	4	183	31	12	49	5	12	16	2	1	311
2027	5	188	32	13	51	5	12	17	2	1	321
2028	6	194	33	13	52	6	13	18	2	1	332
2029	7	200	34	14	54	6	13	18	2	1	342
2030	8	206	35	14	56	6	14	19	2	1	353
2031	9	213	36	14	57	6	14	19	2	1	362
2032	10	219	37	15	59	6	14	20	2	1	373
2033	11	226	39	15	61	6	15	20	2	1	385
2034	12	233	40	16	63	7	15	21	2	1	398
2035	13	240	41	16	65	7	16	22	2	1	410
2036	14	248	42	17	67	7	16	22	3	1	423
2037	15	256	44	17	69	7	17	23	3	1	437
2038	16	264	45	18	71	8	17	24	3	1	451
2039	17	272	47	18	73	8	18	25	3	1	465
2040	18	280	48	19	76	8	19	25	3	1	479
2041	19	289	50	20	78	8	19	26	3	1	494
2042	20	298	51	20	81	9	20	27	3	1	510

Fuente: Elaboración propia.

2.15. Cálculo de Tránsito de Diseño y ESAL'S

2.15.1. Peso por eje vehicular

El peso por eje vehicular es una carga en kips que ejerce cada vehículo por cada eje con el que esta cuenta, es una carga que generará importante efecto sobre la carpeta de rodamiento, así lo establece el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Ver anexos. Tabla 73, Pág. XI.

2.15.2. Cálculo del tránsito de diseño

Una vez se hayan recopilado los datos necesarios para determinar este valor correspondiente para cada tipo de vehículo, se procede realizar el cálculo. Como ejemplo se muestra el tránsito de diseño para el tipo de vehículo Carro.

Ecuación 7 Tránsito de diseño

$$TD = TPDA * FC * FD * Fc$$

Donde:

TD: Tránsito de diseño.

FC: Factor de crecimiento.

FD: Factor direccional.

Fc: Factor de carril.

$$TD = 28 * 9,908.06 * 0.5 * 1 = 138,712.84 \approx 138,713$$

Tabla 27 Cálculo de tránsito de diseño.

Tipo de Vehículo	Vehículo	Peso por Eje (Kip)	Tipo de Eje	Tránsito Actual	Factor de Crecimiento (F.C)	Factor Direccional (F.D)	Factor de Carril (F.C)	Tránsito de Diseño (T.D)	Tránsito de Diseño corregido
Vehículos de Pasajeros	Carro	2.2	Simple	28	9,908.06	0.5	1	138,712.84	138,713
		2.2	Simple	28	9,908.06	0.5	1	138,712.84	138,713
	Jeep	2.2	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494
		2.2	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494
	Camioneta	2.2	Simple	44	9,908.06	0.5	1	217,977.32	217,977
		4.4	Simple	44	9,908.06	0.5	1	217,977.32	217,977
	Micro Bus	4.4	Simple	5	9,908.06	0.5	1	24,770.15	24,770
		8.8	Simple	5	9,908.06	0.5	1	24,770.15	24,770
Vehículos de Carga	C2	11	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494
		22	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494
	C 3	11	Simple	15	9,908.06	0.5	1	74,310.45	74,310
		36.3	Tándem	15	9,908.06	0.5	1	74,310.45	74,310
Equipo Pesado	V.A	9.9	Simple	2	9,908.06	0.5	1	9,908.06	9,908
		14.3	Simple	2	9,908.06	0.5	1	9,908.06	9,908
	V.C	8.8	Simple	1	9,908.06	0.5	1	4,954.03	4,954
		14	Simple	1	9,908.06	0.5	1	4,954.03	4,954

Fuente: Elaboración propia.

2.15.3. Determinación de los factores ESAL´S

El factor ESAL´S se determina a partir del peso por eje vehicular según su tipo de eje, así está establecido en el Manual para el Diseño de Pavimentos AASHTO 93, CAPITULO 3, pág. 22, dice que a cada vehículo le corresponde un factor ESAL´S dependiendo de su clasificación de tipo de eje y su peso por cada eje.

En el caso que no se encuentra un factor ESAL´S correspondiente a cada vehículo, se deberá calcular mediante interpolación, esto será posible con la ecuación 8.

Ecuación 8 Factores ESAL´S

$$Y = Y_1 + \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} * (X - X_1)$$

Donde:

X, X1, X2: Pesos por eje kips.

Y, Y1, Y2: Factores ESAL´S.

A continuación, asumiendo los valores de SN=5 y un pt=2, se muestra el cálculo de factor ESAL´S para el tipo de vehículo carro. Ver tabla 29, pág. 47.

Datos:

X1= 0.0002

X2= 0.0020

Y= 2

Y1=2.2

Y2= 4

Despejando en la ecuación 8, se obtiene que:

$$\frac{2.2 - 2}{X - 0.0002} = \frac{4 - 2.2}{0.0020 - X} = (X - 0.0002) * (1.8) = (0.0020 - X) * (0.2)$$

$$= 1.8X - 0.00036 = 0.0004 - 0.2X = 1.8X + 0.2X = 0.0004 + 0.00036 = 2X$$

$$= 0.00076 = x = 0.00038$$

Tabla 28 Cálculo de factor ESAL´S para carro

Factores ESAL´S	Peso por ejes en kips
0.0002	2
X	2.2
0.002	4
El valor encontrado mediante interpolación es de 0.00038 para una carga de 2.2 kips.	

Fuente: Elaboración propia.

2.16. Cálculo del ESAL´S de diseño

Habiendo determinado el tránsito de diseño TD y los factores ESAL´S, se calculará el ESAL´S de diseño para cada tipo de vehículo para que así al final se pueda obtener la sumatoria de cada uno de los tipos de vehículo y este será nuestro ESAL´S de diseño. La ecuación 9 será utilizada para determinar este valor.

Ecuación 9 ESAL´S de diseño

$$ESAL'S \text{ o } W18 = TD * F.ESAL'S$$

Donde:

ESAL´S o W18: Cantidad de ejes equivalentes a 18 kips.

TD: Tránsito de diseño.

F. ESAL´S: Factor ESAL´

Como ejemplo se muestra el cálculo de ESAL´S de diseño para el tipo de vehículo carro $ESAL'S \text{ o } W18 = 138,713 * 0.00038 = 53$

Tabla 29 Cálculo de ejes equivalentes a 18 kips con un periodo de diseño de 20 años, pt=2.0 y SN=5.

Tipo de Vehículo	Vehículo	Peso por Eje (Kip)	Tipo de Eje	Tránsito Actual	Factor de Crecimiento (F.C)	Factor Direccional (F.D)	Factor de Carril (F.C)	Tránsito de Diseño (T.D)	Tránsito de Diseño corregido	Factor ESAL's	ESAL's de Diseño
Vehículos de Pasajeros	Carro	2.2	Simple	28	9,908.06	0.5	1	138,712.84	138,713	0.00038	53
		2.2	Simple	28	9,908.06	0.5	1	138,712.84	138,713	0.00038	53
	Jeep	2.2	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494	0.00038	21
		2.2	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494	0.00038	21
	Camioneta	2.2	Simple	44	9,908.06	0.5	1	217,977.32	217,977	0.00038	83
		4.4	Simple	44	9,908.06	0.5	1	217,977.32	217,977	0.0034	741
	Micro Bus	4.4	Simple	5	9,908.06	0.5	1	24,770.15	24,770	0.0034	84
		8.8	Simple	5	9,908.06	0.5	1	24,770.15	24,770	0.3346	8,288
Vehículos de Carga	C2	11	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494	0.482	26,266
		22	Simple	11	9,908.06	0.5	1	54,494.33	54,494	2.35	128,061
	C 3	11	Simple	15	9,908.06	0.5	1	74,310.45	74,310	0.482	35,817
		36.3	Tándem	15	9,908.06	0.5	1	74,310.45	74,310	1.4325	106,449
Equipo Pesado	V.A	9.9	Simple	2	9,908.06	0.5	1	9,908.06	9,908	0.75205	7,451
		14.3	Simple	2	9,908.06	0.5	1	9,908.06	9,908	0.37775	3,743
	V.C	8.8	Simple	1	9,908.06	0.5	1	4,954.03	4,954	0.3346	1,658
		14	Simple	1	9,908.06	0.5	1	4,954.03	4,954	0.338	1,674
ESAL's por carril de tránsito										320,463	

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO



3.1. Introducción

Para todo tipo de población sin importar su índole, es de gran importancia que cuenten con el servicio de caminos, carreteras o cualquier vía de acceso ya que esto permite su libre y fácil acceso a cada uno de los puntos de destino que así sea requerido, al mismo tiempo es de mucho impacto para las zonas rurales porque contando con este servicio se facilita la extracción de los cultivos así mismo de la ganadería incluso lo que se refiere a la construcción, de modo que esto viene a generar gran impacto económico para el desarrollo de la comunidad y del mismo país.

El propósito principal de una vía de acceso es que brinde la suficiente serviciabilidad requerida para cualquiera que sea su uso, el factor más importante que garantiza que esta brinde todas las condiciones necesarias es un conocer las características físico mecánicas de los suelos que lo conforman, para lograr esto es necesario realizar un estudio geotécnico que permita conocer a profundidad todas las características físico mecánicas de los suelos que conforman la superficie donde se construirán las vías de acceso a cada uno de los destinos, el propósito de realizar este estudio a los suelos es identificar cada uno de los estratos a través de la longitud de toda la vía debido a que el suelo naturalmente es variable sus características a medida que se analiza más longitud, luego de haber determinado que algunos de estos estratos no son adecuados para el diseño, se deben identificar bancos de préstamos que cuenten con materiales que cumplan todas las condiciones necesarias para un mejoramiento total de la vía y así garantizar una mejor serviciabilidad.

En este capítulo se pretende presentar todos los resultados de los estudios geotécnicos realizados a cada una de las muestras extraídas directamente del sitio San Nicolás – Comunidad la Puerta luego de haberle realizado pruebas de ensayos en laboratorios a cada una de las muestras, así mismo mostrar los resultados de los estudios realizados a los materiales obtenidos de los bancos de materiales posibles a utilizar para un mejoramiento.

3.2. Generalidades del Estudio Geotécnico

3.2.1. Estudio de suelos

Se define como suelo a toda materia no consolidada las cuales las componen distintas partículas sólidas que incluyen gases o líquidos. Existe una gran variedad de materiales que componen los suelos, por ejemplo, mezclas arcillosas, limos, arena, grava, entre otros (AASHTO 93, 2001).

La importancia de conocer a profundidad todas las características físico mecánicas de los suelos es que gracias a estos estudios se hace posible un diseño de pavimento que sea capaz de garantizar y prestar todas las condiciones de estricto rigor que sean requeridas.

Para todo estudio previo realizado a los suelos donde se necesita construir un pavimento, es común que haya suelos no aptos para prestar las condiciones necesarias, al momento de detectar que hay suelos que no cumplen con las normas requeridas, es muy importante localizar los bancos de materiales para usarlos como mejoramiento del mismo, pero tratando de que estos estén lo más cercano geográficamente al sitio. Estos bancos son localizados con el fin de clasificar que estos suelos son capaces de garantizar un diseño de buena calidad y que cumpla con todas las normas que rigen en los diseños de pavimentos (AASHTO 93, 2001).

3.2.2. Problemas existentes al analizar los suelos

Al momento de analizar cualquier muestra de suelos, se encuentran dos tipos de problemas que influyen bastante en su análisis.

- a) Como se encuentran estas muestras de suelos en la naturaleza.
- b) Como se comportan estas muestras de suelos naturales a suelos con características estructurales.

Debido a esto se debe realizar todos los análisis de laboratorio implementando todos los tipos de pruebas que indican los manuales y reglamentos que garantizan

un buen estudio. Existen 3 maneras de realizar la extracción de las muestras mediante sondeos:(Manuales, a percusión, a rotación).

3.3. Clasificación de los Suelos

Para poder clasificar los suelos, es necesario previamente realizar los estudios de laboratorio para luego clasificarlos según sus características granulométricas, su índice de plasticidad y su límite plástico.

Existen dos sistemas que se encargan de la clasificación de los mismos después de haber realizado los estudios necesarios, sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el sistema SUCS (Soil Unified Classification System). Estos dos sistemas se encargan de clasificar los suelos a un determinado grupo que depende de sus características granulométricas y plásticas. El método utilizado para este caso es el sistema AASHTO M-145.

3.3.1. Clasificación AASHTO

La American Association of State Highway and Transportation Officials adoptó este Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO M 145 – 87), con el objetivo de agruparlos en dependencia de cómo se comporten en un momento que se necesite utilizar como capa de soporte de una estructura de pavimento. En la actualidad este sistema es el más utilizado llamado Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Generalmente es más utilizado en todo lo que se refiere a todo tipo de obras viales dentro de la rama en la ingeniería, tiene como objetivo calificar que los suelos tengan aceptación para poder ser utilizados como base y sub base para el mejoramiento del diseño de pavimentos, de esta manera ubica cada tipo de suelo clasificándolos en grupos e índice de grupos (IG).

El sistema de clasificación AASHTO M 145-87 clasifica a los suelos en 7 grupos diferentes según sus características que van desde A-1 a A-7. Ver tabla 30. Pág. 53.

Tabla 30 Sistema de clasificación de suelos AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares						Materiales limoso arcilloso			
	(35% o menos pasa por el tamiz 200)						(más del 35% pasa el tamiz N°200)			
Grupo	A1		A3	A2			A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7
										A-7-6
Porcentaje que pasa:										
N° 10 (2mm)	50 máx.	-	-		-			-		
N°40 (0,425mm)	30 máx.	50 máx.	51 min		-			-		
N°200 (0,075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.		35 máx.			36 máx.		
Características de la fracción que pasa por el tamiz N°40										
Límite líquido	-		-	40 máx.	41 máx.		41 min	40 máx.	41 min	40 máx.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP (1)	10 máx.	10 máx.	40 máx.	11 min	10 máx.	10 máx.	11 min
						11min				41min(2)
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrafo	Excelente a bueno						Pobre a malo			
(1)	No plástico									
(2)	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30									
	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30									

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO M 145 – 87.

3.4. Compactación de Suelos

La compactación de los suelos tiene como principal objetivo los siguientes aspectos:

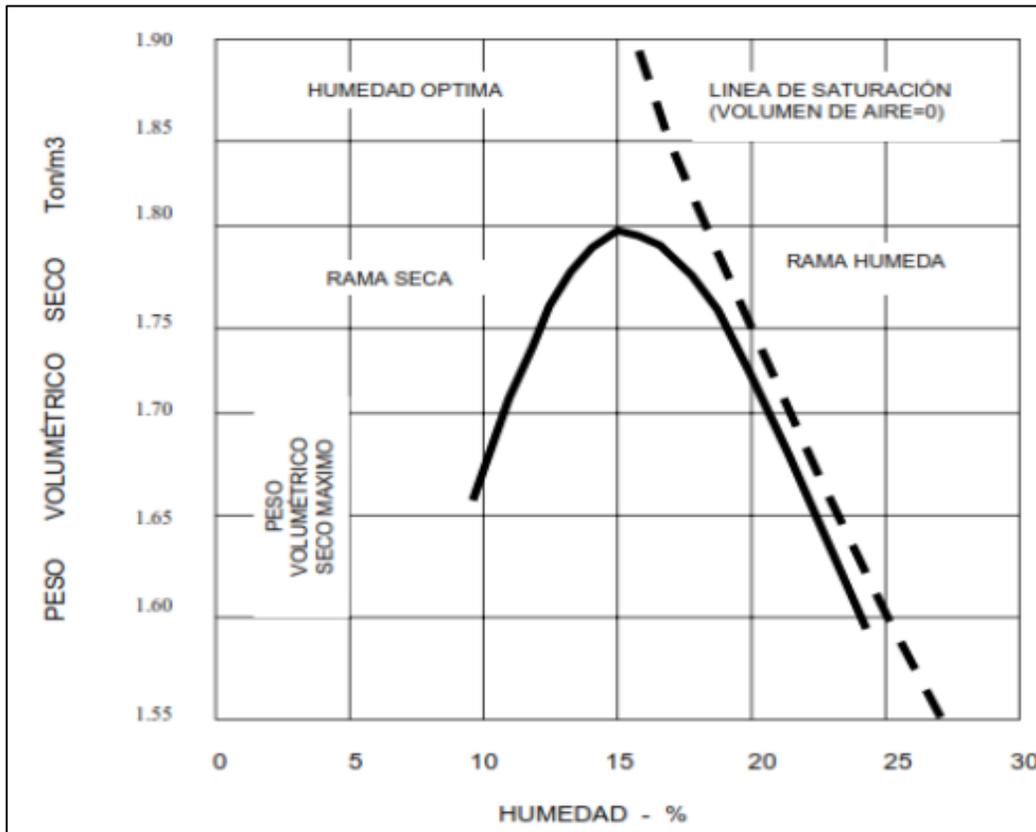
- Reducir los vacíos entre partículas.
- Aumentar la capacidad de soporte.
- Impermeabilizar el suelo.
- Reducir el volumen del suelo.
- Aumentar la densidad del suelo.

3.4.1. Factor que afecta la compactación de los suelos (Humedad)

El factor humedad en los suelos está presente comúnmente al momento de extraer muestras y tiene gran efecto al momento de compactar estos mismos debido a que la humedad aporta una mejor unión entre cada partícula de arcilla, esto proporciona un mejor estado cohesivo entre las demás materias que conforman el suelo, siempre y cuando se tome en cuenta que el grado de humedad no debe ser excesivo ya que esto generaría un efecto de licuefacción y esto afecta grandemente a cualquier obra de construcción en que tenga que estar involucrado el suelo.

Para regular el grado de humedad que debe tener el suelo se necesita verificar primeramente el tipo de suelo y luego atribuir el grado de humedad más óptimo, esto para lograr la densidad máxima con una fuerza determinada de compactación. Ver figura 4, Pag 52.

Figura 4 Relación Peso volumétrico – Humedad.



Fuente: Crespo Villalaz, Carlos (2008). Mecánica de suelo y cimentaciones (6ta.ed).

3.5. Energía de Compactación

Esta se refiere a la energía aplicada sobre un suelo con el objetivo de lograr una compactación adecuada sobre el mismo, aplicando diferentes técnicas posibles que existen hoy en día, entre ellas están:

- Peso estático.
- Acción de amasamiento.
- Percusión.
- Vibración.

3.6. Tipo de Suelo

Para conocer qué tipo de suelo es una muestra analizada en laboratorio, depende directamente de sus características granulométricas y se considera como un suelo bien granulado si sus partículas que lo componen están distribuidas

uniformemente según su tamaño, entre menos espacio de separación haya entre ellas, mejor será su compactación.

3.7. Prueba de CBR (Californian Bearing Ratio)

Se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada, dichas relaciones penetración – esfuerzo se muestran en la tabla 31.

Para determinar el CBR se utiliza la ecuación:

$$\text{Ecuación 10 CBR} \quad CBR = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo en la muestra patrón}} * 100$$

Tabla 31 Relación Esfuerzo – Penetración

Relación Esfuerzo - Penetración para la muestra Patrón	
Penetración (pulg.)	Esfuerzo (Lb/pulg. ²)
0.1	1,000
0.2	1,500
0.3	1,900
0.4	2,300
0.5	2,600

Fuente: Crespo Villalaz, Carlos (2,008). Mecánica de suelo y cimentaciones (6ta.ed).

Aplicando la prueba de CBR según indica la ecuación 10 y la tabla 31.

Ayuda a clasificar los suelos para determinar su uso más adecuado según se muestra en la tabla 32 Pag 54.

Tabla 32 Clasificación del CBR.

CBR	CLASIFICACIÓN AASHTO
0 - 5	Sub-rasante, muy mala
5 - 10	Sub-rasante, mala
10 - 20	Sub-rasante, regular a buena
20 - 30	Sub-rasante, muy buena
30 - 50	Sub-base, buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Fuente: Crespo Villalaz, Carlos (2,008). Mecánica de suelo y cimentaciones (6ta.ed).

Tabla 33 Pruebas realizadas al tramo San Nicolás-Comunidad La Puerta y bancos de materiales.

Ensayos Ejecutados	Procedimiento
Contenidos de partículas menores de 0.075 mm (Por lavado)	AASHTO T 11
Análisis granulométrico de partículas finas y gruesas	AASHTO T 27
Límite Líquido de los Suelos	AASHTO T 89
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos	AASHTO T 90
Clasificación desde el punto de vista de vías terrestres	AASHTO M 145
Relación Densidad – Humedad de los Suelos E. Estándar de Compactación	AASHTO T 99
Relación Soporte de California	AASHTO T 193

Fuente: Informe Geotécnico, Ingenieros consultores Centroamericanos S.A.

3.8. Trabajo de campo

3.8.1. Sondeos realizados en el tramo en estudio

En el manual para la revisión de estudios geotécnicos del MTI en su página 6 indica que: En Caminos Totalmente Nuevos, Estudios de prefactibilidad, Estudios de factibilidad, Caminos de penetración (Caminos rurales) se harán, como mínimo, cuatro (4) sondeos manuales por kilómetro, con una distancia entre sondeos de 250 m, con una profundidad de 1.2 a 1.5 m. En Caminos que serán

adoquinados la cantidad de sondeos será de cuatro por kilómetro con una profundidad de 1.50 m. Luego se consultó con la Alcaldía de San Nicolás el motivo de los sondeos a cada 200 metros quienes indican que fueron solicitados a esta distancia debido a que es un suelo totalmente virgen y con mucha presencia de malezas en la superficie y gran variación de tipos de suelos entre los tipos de estratos encontrados con el fin de poder analizar de forma más precisa cada una de las muestras (Infraestructura., 2008).

➤ Reconocimiento del área de estudio

El reconocimiento del área, donde se hicieron los sondeos manuales a cielo abierto, se realizó mediante un recorrido a todo el tramo de carretera. Durante el recorrido se efectuó un levantamiento preliminar de las condiciones geotécnicas existentes, se identificaron los sitios más vulnerables, las zonas más inestables, los puntos críticos.

➤ Identificación Horizontal de los puntos

La identificación horizontal, de los sitios explorados, se realizó a través de un GPS de mano que guardo las coordenadas geodésicas Este, Norte y Elevación, las cuales fueron exportada al Software Google Earth, a fin de generar un mapa de edificación de los puntos muestreados. Los sitios muestreados se localizaron de forma alternada en cada una de las dos bandas (Derecha, Izquierda y la línea central).

➤ Localización Vertical de los Puntos

La Localización vertical se realizó mediante la medición manual, con cinta, de cada estrato, determinando el inicio y fin de estos, además de sus respectivos espesores el punto de referencia en todos los casos fue el nivel existente de la capa superior. Todos los sondeos se realizaron hasta 1.50 metros de profundidad, exceptuando los sitios donde antes de esta profundidad se encontrará afloramiento rocoso o nivel de agua subterránea.

➤ Excavación de pozos a cielo abierto

La realización de los pozos a cielo abierto se ejecutó con equipos de excavación manual, que incluyen palas, cucharas y dispositivos de extracción de muestras.

Las dimensiones de cada uno de los pozos fueron de 40cm x 40cm x 150cm de profundidad.

➤ Muestreo

Se obtuvieron muestras representativas de cada uno de los estratos encontrados, estas fueron cuidadosamente extraídas de forma tal que se evitó la contaminación con muestras de suelos adyacentes o subyacentes.

El tamaño de cada muestra fue de 40 kg aproximadamente.

➤ Clasificación visual de las muestras

Todas las muestras fueron identificadas visualmente, la descripción anotada incluyó, la caracterización de los materiales dentro de las gravas, arenas, limos o arcillas, de acuerdo al contenido y distribución apreciable de las partículas constituyentes, así como del contenido de material plástico. Esta clasificación visual de campo posteriormente fue verificada según la designación AASHTO M145.

3.9. Trabajo de laboratorio

En laboratorio se realizaron los estudios y ensayos a cada una de las muestras recopiladas en el sitio para determinar las características físico mecánicas de los suelos encontrados en el lugar de estudio y así lograr su debida clasificación según las normas aplicadas para el mismo. Se muestra a continuación el resumen del estudio de cada una de las muestras según su estacionamiento donde se realizó cada una de las prácticas, entre ellas está su límite de consistencia y análisis granulométrico. Ver tabla 34. Pág. 57.

Tabla 34 Resumen de porcentaje que pasa por el tamiz desde la estación 0+00 - 1+500.

Est.	% Pasa por el tamiz									
	2"	1 ½"	1"	¾"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
0 + 00	100	91	75	64	52	44	33	27	20	15
0 + 200	100	91	75	64	52	44	33	27	20	15
							100	98	96	88
0 + 400							100	94	89	76
	100	76	59	52	47	44	36	32	26	21
0 + 600					100	94	83	79	73	64
			100	89	83	73	56	54	53	53
0 + 800		100	70	66	63	60	46	43	39	36
							100	97	90	77
0 + 1000	100	76	59	52	47	44	36	32	26	21
	100	91	75	64	52	44	33	27	20	15
1 + 200		100	77	69	67	65	55	49	43	37
		100	77	70	68	66	50	41	35	29
1 + 400						100	77	68	51	37
							100	92	84	79
1 + 500							100	97	84	67
							100	90	68	57
							100	96	82	70

Fuente: Alcaldía Municipal de San Nicolás.

Tabla 35 Resultados de índice de plasticidad de la estación 0+00 - 1+500.

Estación	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
0 + 00	26	19	6.9
0 + 200	26	19	7
	61	37	24
	40	31	9
0 + 400	31	27	4
	35	26	10
	48	31	17
0 + 600	43	38	6
	46	36	10
0 + 800	31	27	4
	26	19	7
0 + 1000	38	27	11
	35	30	5
1 + 200	34	26	8
	64	39	25
1 + 400	37	27	11
1 + 500	NP	NP	NP
	27	24	3

Fuente: Alcaldía Municipal de San Nicolás.

3.10. Resultados analizados

El análisis granulométrico realizado a las muestras obtenidas de cada estrato, facilita identificar la cantidad de material que existe entre fino y grueso en cada capa estudiada tomando en cuenta la capa de rodamiento actual en el sitio, así mismo las capas vecinas a esta.

En algunos de los estratos se ha identificado la presencia de suelos de tipo A-7-5 que según la norma AASHTO los clasifica como suelos arcillosos, también se identificó la presencia de suelos de tipo A-2-4 lo que significa que su clasificación

corresponde a grava y arena arcillosa o limosa, esto indica que hay presencia de suelos aptos para soportar la estructura de pavimento, sin embargo debido a la profundidad en que han sido encontrados se deberá analizar si estos serán útiles según la profundidad necesaria que determine el diseños de espesores de pavimento.

3.11. Ensayos de compactación

Este proceso consiste en aplicación de carga sobre una mezcla de suelo con su consecuente reducción de volumen y aumento de densidad, con esta ampliación se reduce su compresibilidad, incrementa su resistencia al esfuerzo cortante y es más impermeable. Con los ensayos se pretende determinar cuál es la humedad que se requiere para conseguir la densidad seca máxima que puede tener el suelo con una energía de compactación.

Según la clasificación AASHTO obtenida para cada sondeo, se agrupan aquellas muestras que poseen características similares con el objetivo de simplificar la cantidad de estas, a estas se les realiza la prueba de C.B.R.

3.11.1. Ensayo de Valor Soporte California CBR

El resultado de obtenido del estudio de un suelo conocido como CBR (California Bearing Ratio) es uno de los datos más necesarios e importante cuando a diseño de pavimentos nos referimos.

En el año 1940 fue creado este método por la división de autopistas de California. El CBR nos da a conocer la capacidad de un suelo sometido a esfuerzos cortantes. Este método consiste en definir cuanta carga es necesaria para penetrar la muestra de suelo a una profundidad de 0.1 pulgadas utilizando un pistón estándar con un área transversal de 3 pulgadas cuadradas.

Para el diseño de pavimentos utilizando el método AASHTO – 93, se debe determinar el grado de correlación entre el CBR de la sub – rasante y el Módulo de Resiliencia.

A continuación, se muestran los resultados de CBR correspondientes a los tipos de suelos encontrados a través del sitio en estudio San Nicolás – Comunidad La Puerta, estos resultados fueron proporcionados por la Alcaldía Municipal de San Nicolás, aplicando el método AASHTO T-93 conocido como “California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils”. Ver tabla 36.

Tabla 36 Valores del CBR del tramo en estudio.

Est.	Sondeo	Muestra N°	Profundidad (m)	Clasificación AASHTO	Norma AASHTO T 193
					CBR al 95 %
0 + 00	S 1	1	0-1.5	A-2-4 (0)	45
0 + 200	S 2	1	0.00 – 0.20	A-2-4 (0)	60
		2	0.20 – 0.40	A-7-5(18)	8
		3	0.40 – 1.50	A-4 (8)	15
0 + 400	S 3	1	0.00 – 0.20	A-1-b (0)	60
		2	0.20 – 0.80	A-4(6)	21
		3	0.80 – 1.50	A-7-5(7)	5
0 + 600	S 4	1	0.00 – 1.00	A-5(0)	7
		2	1.00 – 1.50	A-5(9)	5
0 + 800	S 5	1	0.00 – 0.90	A-1-b (0)	55
		2	0.90 – 1.50	A-2-4 (0)	65
0 + 1000	S 6	1	0.00 – 0.70	A-6(1)	22
		2	0.70 – 1.50	A-2-4 (0)	75
1 + 200	S 7	1	0.00 – 1.05	A-4 (0)	12
		2	1.05 – 1.50	A-7-5 (18)	9
1 + 400	S 8	1	0.00 – 1.50	A-6 (7)	25
1 + 500	S 9	1	0.00 – 0.40	A-4 (4)	20
		2	0.40 – 1.50	A-4 (7)	15

Fuente: Alcaldía de San Nicolás.

Se toma la decisión de realizar un corte de 30 cm según los criterios de la nic 2000 en su sección 300, donde se considera presencia en alguna estaciones de malezas y suelos de baja graduación como son los suelos A6 (1) y A7 (18) clasificados como suelos arcillosos y presencia de un suelo A-5 (0) clasificados como un suelo limoso, así lo demuestran en sus clasificaciones las normas AASHTO M 147-87, al no realizar este corte, a largo plazo causaría insuficiente inestabilidad en el pavimento al construir, no se realiza un corte a más de 30 cm debido a que en las estaciones 0+000 a la 0+200 y de la estación 0+400 a la 1+000 y de la estación 1+200 a la 1+500, realizando el corte de 30cm se llega a estratos de buena graduación y por ende no se requiere cortar más ya que eso significaría el incremento de los costos en movimiento de tierra según (NIC 2000, s.f., pág. 302).

Tabla 37 Perfil estratigráfico del estudio.

Estaciones de sondeos	0+000	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000	1+200	1+400	1+500				
ITEM	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9				
Profundidad													
0.1 m	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-1-b (0)	A-5 (0)	A-1-b (0)	A-6 (1)	A-4 (0)	A-6 (7)	A-4 (4)				
0.2 m													
0.3 m													
0.4 m			A-7-5 (18)	A-4 (6)	A-5 (0)	A-1-b (0)	A-6 (1)	A-4 (0)	A-6 (7)	A-4 (7)			
0.5 m			A-4 (8)	A-4 (6)	A-5 (0)	A-1-b (0)	A-6 (1)	A-4 (0)	A-6 (7)	A-4 (7)			
0.6 m													
0.7 m													
0.8 m													
0.9 m													
1.0 m													
1.1 m													
1.2 m				A-7-5 (7)	A-5 (9)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-4 (0)	A-6 (7)	A-4 (7)			
1.3 m													
1.4 m								A-7-5 (18)					
1.5 m													

PROFUNDIDAD DE SUB RASANTE
RECOMENDADA= 0.3 M

Fuente: Elaboración propia.

3.11.2. Análisis de los resultados de CBR del sitio

Conociendo el CBR correspondiente a cada una de las muestras se puede determinar el grado de calidad de cada suelo y definir qué tan aptos son para diseñar sobre ellos o si es necesario reemplazarlos, según se muestra en la tabla 36, Pag 60, se observan CBR muy inferiores demostrando que son suelos de mala graduación y estos fueron encontrados a lo largo del tramo a distintas profundidades cada uno.

3.12. Estudios de bancos de materiales

Con el fin de obtener dos tipos de materiales que sean capaces de cumplir con los requerimientos para este diseño y como objetivo principal que uno de ellos pueda ser utilizado para capa base y el otro para capa sub – base, se han identificado dos bancos los cuales son los más cercanos al sitio en estudio, ubicándose geográficamente el banco número 1 a 3 kilómetros al norte del sitio en estudio y el banco número ubicado a 2.5 kilómetros al oeste del lugar de este proyecto.

3.12.1. Consideraciones para la elección del banco a utilizar

3.12.2. Consideraciones para la capa base

Esta capa es la que soporta la carpeta de rodamiento colocada por debajo de ella, debido a esto se debe utilizar un material de alta resistencia que sea capaz de soportar las cargas vehiculares actuantes, este material debe cumplir con las especificaciones mostradas. Ver tabla 38 Pag 64.

Tabla 38 Especificaciones de materiales empleados en una Base.

Propiedad	Limites	Norma de Prueba
Límite Líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
Límite Plástico	10% Máx.	AASHTO T-90
CBR	80% Min	AASHTO T-193
Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
Interperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (b).

3.12.3. Consideraciones para la capa sub base

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 carpeta 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 mostradas. Ver tabla 39, Pag 65.

Tabla 39 Especificaciones de materiales empleados en una Base Granular.

Nº	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Limite Liquido	25% máx.	AASHTO T-89
2	Limite Plástico	10% máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	40% máx.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Angeles	50% máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

3.12.4. Banco de materiales propuesto para la capa base

Analizando los dos bancos identificados, el banco de préstamo número 1 es quien posee el CBR más alto con un 84% al 95% Proctor modificado, este banco para ser usado como Capa Base deberá cumplir con los requerimientos mínimos de la NIC-2000, por lo cual se realizan las debidas comparaciones. Ver tabla 40 Pag 66.

Tabla 40 Requerimientos mínimos para la Capa Base.

PRUEBA	REQUERIMIENTO MÍNIMO NIC-2000	BANCO # 1	
		Cumple	Cumple
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste de los Ángeles	Máx. 50%	36%	Cumple
Intemperismo acelerado	Máx. 12%	10%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	0.55%	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80% para Base	84%	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes NIC-2000.

De acuerdo a los parámetros establecidos en la tabla 38, Pag 64, para la elección de banco de materiales propuesto para la capa base granular, determina que se puede utilizar para dicho fin ya que presenta el siguiente aspecto característico: el ensayo de CBR al 95% Proctor modificado es mayor a 80%, este indica que es el porcentaje mínimo permitido para que un suelo pueda ser utilizado como base granular según lo establece Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a). En conclusión, se determina que el banco de préstamo 1 “Quebrada de agua” cumple con los requerimientos establecidos, así como desgaste de los ángeles, ensayo de Intemperismo acelerado y con los requisitos de graduación según la sección 1003.10 de la NIC 2000. Ver tabla 40 Pag 67.

Tabla 41 Requisitos de Graduación de Agregados (Banco # 1).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco No. 1	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30 - 70	41.83	Cumple
0.075	0 - 15	0.33	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

3.12.5. Banco de materiales propuesto para la capa sub – base

Uno de los parámetros que debe cumplir este material es que su CBR debe ser mayor que de la Sub -Rasante y su espesor varía de acuerdo a las condiciones tomando en cuenta que también debe cumplir con los requerimientos establecidos por la NIC – 2000.

En este caso el banco propuesto para capa Sub – Base es el banco # 2 “La Tejera”, aunque este posee un CBR más bajo que el banco # 1 presentando un CBR de 80% de Proctor modificado al 95%, según establecen las normas de la NIC 2000 indica que para que este banco pueda ser utilizado para fines de capa Sub -Base, este debe cumplir con los parámetros mostrados a continuación. Ver tabla 42 Pag 68.

Tabla 42 Requerimientos mínimos para capa sub – base.

PRUEBA	REQUERIMIENTO MÍNIMO NIC-2000	BANCO # 2	
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste de los Ángeles	Máx. 50%	36%	Cumple
Intemperismo acelerado	Máx. 12%	10%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	10%	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40% para Sub - Base	80%	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

Según se muestra en la tabla 42, el material encontrado en el banco # 2 es un material potente prospecto para ser utilizado como material para sub – base debido a que su ensaye de CBR al 95% Proctor modificado del banco es mayor al 40% mínimo requerido según indica la Nic 2000, por otra parte, cumple también con el índice de plasticidad máximo requerido por la misma norma siendo este del 10%.

Tabla 43 Requisitos de graduación de agregados (Banco # 2).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco No. 2	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30 - 70	40.5	Cumple
0.075	0 - 15	2.17	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

3.13. Elección de los Bancos a utilizar para base y sub – base

En conclusión, de acuerdo a los datos mostrados anteriormente, se determina que el banco # 1 (Quebrada de agua) cumple con todos los requerimientos para ser

utilizado como material para la capa base granular debido a que este cumple con el CBR Proctor modificado al 95 % mínimo permitido establecido en las especificaciones de las normas Nic-2000 sección: 1003.09 (a y b), de igual manera cumple con los requerimientos de los ensayos de Intemperismo acelerado, graduación, desgaste de los ángeles e índice de plasticidad.

De acuerdo a resultados en base a criterios establecidos por normas competentes se determina que el banco # 2 (La Tejera) cumple con requerimientos para poder ser usado como material para capa Sub – Base dado que presenta todas las características óptimas para cumplir con las exigencias mínimas requeridas, así como el CBR mayor al 40% de Proctor modificado al 95 %, también cumple con los ensayos de desgaste de los ángeles, índice de plasticidad, graduación e Intemperismo acelerado. Ver tabla 42, Pag 68.

Tabla 44 Banco de material a utilizar para base / sub – base.

No. Del Banco	Nombre. Del Banco	Tamiz de 1 1/2"	Tamiz de 3/8"	Tamiz N°4	Tamiz N°10	Tamiz N°40	Tamiz N°200	L.L	I.P	Clasif. AASHTO		CBR al 95 %
										Grupo	IG	
N.º 1	Quebrada de agua	100	71.33	41.83	1.83	0.67	0.33	53.33	0.55	A-1-a	0	84%
N.º 2	La Tejera	100	65.67	40.5	22.83	6.33	2.17	33.68	10	A-2-4	0	80%
Uso	CAPA BASE	BANCO NÚMERO 1: QUEBRADA DE AGUA										
	CAPA SUB-BASE	BANCO NÚMERO 2: LA TEJERA										
Observaciones: L. L= Límite Líquido, I. P= Índice de plasticidad												

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, se eligió usar como banco de préstamo # 1 “Quebrada de agua” para la capa Base granular por presentar un mayor CBR y debido a sus características físico mecánicas se decidió usarlo como Base. Por otra parte, el banco # 2 cumple con los requerimientos para ser usado como Sub – Base.

3.14. Determinación del CBR de diseño

Las normas tomadas en cuenta para hacer dicho estudio son la ASTM-D1883 y por la AASHTO T-193 las cuales indican que este debe ser realizado bajo condiciones controladas tanto de humedad como de densidad, para este caso las muestras fueron sometidas a saturación durante un lapso de 96 horas anticipadamente.

Para determinar el CBR de diseño se deben seguir los siguientes aspectos:

- Extraer los valores que se encuentran por debajo de la línea sub – rasante los cuales serán aplicados para el diseño del CBR.
- Ordenar los Valores de Menor a Mayor, se determina la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.
- Estos resultados deben mostrarse mediante una gráfica donde se muestren los valores de CBR contra los porcentajes calculados para obtener la curva, señalando el percentil correspondiente se intercepta con la curva obtenida y se proyecta verticalmente para indicar el valor del CBR de diseño.

3.14.1. Identificación de la sub – rasante

La subrasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Debido a que la profundidad máxima de corte es de 30 cm, se usaron los CBR correspondientes a cada sondeo identificado generalmente por debajo de los 30 cm ya que a esta profundidad es donde descansaran todas las cargas correspondientes al tránsito, así como la capa sub base, capa base y capa de adoquín.

Los percentiles propuestos a utilizar según indica el Instituto de Asfalto para la determinación del CBR de diseño son valores de 60%, 75% y 87.5%, esto depende del ESAL's de diseño obtenido en el estudio de tránsito.

Debido a que el ESAL´S de diseño tiene un valor de 320,463, entonces se tomará un percentil de diseño equivalente a 75%. Ver tabla 45.

Tabla 45 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 10,000-1,000,000 de ESAL´S	75
> de 1,000,000 ESAL´S	87.5

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 7, Pág.29.

A continuación, se muestran los valores mayores o iguales tomados del estudio de suelos del sitio para realizar el debido CBR de diseño. Ver tabla 46.

Tabla 46 Valores mayores o iguales para el CBR de diseño.

Clasificación AASHTO	CBR	Frecuencia	Cantidades mayores o iguales	% Cantidades Mayores o Iguales
A-5(0)	7	1	9	100%
A-7-5(18)	8	1	8	89%
A-4 (0)	12	1	7	78%
A-4 (4)	20	1	6	67%
A-4(6)	21	1	5	56%
A-6(1)	22	1	4	44%
A-6 (7)	25	1	3	33%
A-2-4 (0)	45	1	2	22%
A-1-b (0)	55	1	1	11%
TOTAL, DE MUESTRAS		9		

Fuente: Elaboración propia.

Es sumamente importante elegir correctamente el CBR de la sub rasante ya que de este resultado se obtendrá el Módulo de Resiliencia (MR) el cual será utilizado

para el diseño de los espesores de las capas que conformarán este diseño de pavimento articulado.

Con la recopilación de los datos ESAL's de diseño= 320,463 calculado mediante el estudio de tránsito, un percentil de 75% según indica la tabla 45, pág. 72, estos datos fueron interceptados con la curva de los valores de CBR para encontrar así el CBR de diseño correspondiente al terreno natural.

El CBR de diseño resultante para la sub rasante es de 14.2 %. Se tomaron los suelos inmediatos por debajo de la sub rasante (30 cm de corte propuesto), por lo tanto, solo 9 muestras de los 18 totales cumplen con este criterio. Este valor de CBR obtenido está clasificado como Sub – Rasante, regular a buena debido a que su CBR se encuentra en un rango entre 10 – 20 según se indica. Ver tabla 47.

Tabla 47 Clasificación del CBR.

CBR	CLASIFICACIÓN AASHTO
0 - 5	Sub-rasante, muy mala
5 - 10	Sub-rasante, mala
10 - 20	Sub-rasante, regular a buena
20 - 30	Sub-rasante, muy buena
30 - 50	Sub-base, buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

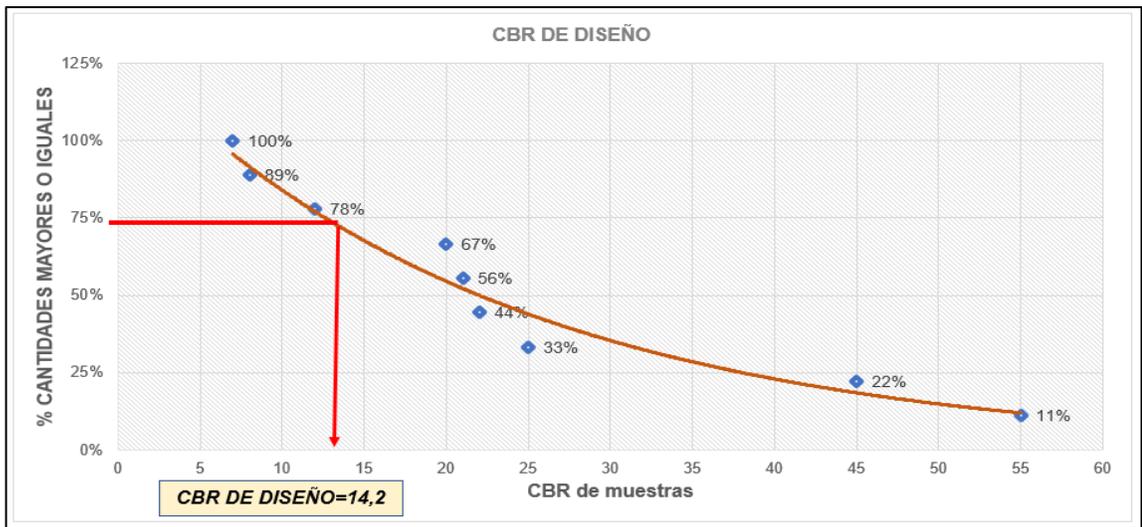
Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Crespo Villalaz 5ta Edición, Pág.113.

Tabla 48 Datos de CBR de muestras.

CBR	% Cantidades Mayores o Iguales
7	100%
8	89%
12	78%
20	67%
21	56%
22	44%
25	33%
45	22%
55	11%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Selección del CBR de diseño.



Fuente: Elaboración propia.

El CBR de diseño obtenido según el método del instituto del asfalto, se obtiene como resultado 14.2 %, CBR representativo para todas las muestras obtenidas en relación a los sondeos realizados en el terreno de proyecto.

Tabla 49 Datos para calcular el CBR de diseño por interpolación.

(%)		CBR (95%)
78.00%	=	12
75.00%	=	X
67.00%	=	20
-0.11	=	8
-0.03	=	X-17
x=	14.2	

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



4.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es mostrar los datos que representan la geometría del terreno natural actual, para este caso se ha aplicado la altoplanimetría conociendo las coordenadas, elevaciones, ángulos y las distancias que forman parte del terreno. A partir de estos datos se pueden generar las curvas de nivel y así mismo elaborar los diseños tanto longitudinal como transversal.

4.1.1. Levantamientos topográficos

Se define como levantamiento topográfico al conjunto de operaciones que tienen como principal objetivo la ubicación específica de los puntos levantados tomando como referencia para estos mismos las distancias horizontales y verticales usando referencias como objetos existentes en el sitio, también conocidos como latitud, longitud y al mismo tiempo se toma como referencia las elevaciones tomando como referencia el nivel del mar.

4.1.2. Tipos de levantamientos topográficos

- De terrenos en general (propiedades de viviendas o fincas).
- De vías de comunicación (camino, ferrocarriles, líneas de transmisión, canales).
- De minas (trabajos subterráneos respecto a una superficie).
- Levantamientos catastrales (en ciudades, zonas urbanas y municipios)
- Levantamientos aéreos (mediante fotografías vía aérea).

4.2. Desarrollo de levantamiento topográfico

La responsabilidad del topógrafo es proporcionar los trazos para construcción tomando en cuenta todas las referencias necesarias para que esto dé lugar a la ubicación exacta de la nueva obra a construirse y así pueda estar ubicada en el punto preciso según indican los planos graficados.

El topógrafo muestra gráficamente los planos del sitio donde se construirá la nueva obra indicando así las referencias con posicionamiento horizontal y de elevación. El topógrafo debe tener participación durante se ejecuta la obra debido

a que este debe indicar cronológicamente todo tipo de marca de referencia tomada para la ubicación exacta de la obra, de modo que el topógrafo no debe retrasarse ni adelantarse demasiado en la señalización de marcas porque estas podrían desaparecer en el transcurso de la ejecución.

El topógrafo debe proporcionar la información necesaria con anticipación al inicio del proyecto a los ingenieros. A continuación, se define los datos necesarios que deben ser brindados por el topógrafo:

Es requerido mostrar la forma geométrica del terreno representándolo mediante una poligonal abierta representando el eje central que atraviesa toda la longitud de la vía a construirse.

Se deberá representar gráficamente el relieve del terreno natural utilizando la nivelación de preferencia tomando en cuenta todos los puntos de referencia necesarios identificados a ambos lados del eje central de la vía.

Para cada punto levantado usando una referencia en el sitio, se debe tomar a preferencia los siguiente: Tendido eléctrico, tendido telefónico, drenaje de aguas servidas y pluviales, red de agua potable, pozos de visita y tragantes de aguas pluviales existentes, localización de derecho de vía, mojones, BM, árboles de gran tamaño, arroyos o cauces, vías de acceso, construcciones existentes y muchos otros más detalles que podemos encontrar en un levantamiento detallado.

El tipo de plano donde se debe reflejar los detalles topográficos se denomina plano de conjunto en donde se debe reflejar según la escala que haya sido solicitada de la misma manera plasmado en formatos de papel que sea requerido.

4.3. Levantamiento de detalles

Generalmente en los levantamientos topográficos utilizando estación total se toma en cuenta cada detalle que represente un accidente geográfico sobre el terreno de estudio, con el fin de ser más preciso al momento de graficar un levantamiento.

4.3.1. Métodos utilizados en el levantamiento de detalles

- Por ángulo y distancia de una estación del polígono.
- Por medio de los ángulos desde dos estaciones del polígono.
- Tomando medidas lineales desde dos estaciones.
- Por el ángulo de una estación y la distancia de otra.
- Por ordenadas perpendiculares levantadas de los lados del polígono establecido.

4.4. Altimetría

4.4.1. Nivelación compuesta

La nivelación compuesta hoy en día es la más utilizada y se define como una secuencia de nivelaciones simples. El aparato no necesita permanecer en un mismo sitio de manera que este se traslada a través de diferentes puntos obtenidos mediante nivelaciones simples organizados entre sí y a estos se les llama puntos de cambio (PC) (Tarrillo, 2016).

4.5. Estación total

Se define como un instrumento electro óptico utilizado específicamente para la rama de la topografía y su funcionamiento está basado en tecnología electrónica. Este aparato no es más que un teodolito electrónico con un distanciómetro y un micro procesador incorporado en el mismo (INTOP, s.f.).

La novedad en este nuevo equipo es que posee una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD) leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro trackeador (seguidor de trayectoria) con capacidad para almacenar información de forma digital para poder ser manipulada mediante un ordenador y así facilitar el proceso de estos datos de forma electrónica.

4.5.1. Proceso del levantamiento topográfico utilizando estación total

El primer paso y de gran importancia habiendo utilizado este tipo de equipo topográfico es identificando las coordenadas que representan nuestro punto de partida, estas pueden ser asumidas o georreferenciadas utilizando un GPS de mano u aparatos digitales que brindan una mayor precisión.

Luego de identificar las coordenadas que representan nuestro punto de partida se procedió a iniciar el levantamiento topográfico tomando en cuenta todo tipo de detalle que pueda representarse dentro del proyecto.

4.5.1.1. Procedimiento de un levantamiento topográfico en una carretera

Este proceso se define siguiendo 5 etapas que se realizan de inicio a fin en cada levantamiento topográfico.

- a) Se definieron las coordenadas que representan el punto de partida.
- b) Se estacionó la estación total en el punto de partida.
- c) Dentro de la estación total se creó un nuevo trabajo asignándole un nombre que identifica dicho levantamiento, las coordenadas fueron asumidas mediante un GPS (E, N, Elevación o dicho de otra manera X, Y, Z).
- d) Se levantaron todos los puntos necesarios que determinan el ancho de la vía, derecho de vía, cruces, postes de tendido eléctrico, cajas de registro, postes de tendido telefónico y todos los detalles que son de referencia comprendidos dentro del rango de ancho de vía.
- e) Se hicieron cambios de estaciones con el equipo de estación total para identificar toda la longitud completa del tramo en diseño.

4.6. Levantamiento topográfico aplicado al tramo San Nicolás – Comunidad La Puerta

Preliminarmente se realizó una visita de campo para el reconocimiento del sitio para identificar todos los puntos de referencia que fueran necesarios para definir

el ancho de la vía, ancho de derecho de vía, terreno natural para tener la mayor cantidad de datos necesarios para luego proceder al levantamiento topográfico.

4.6.1. Equipos utilizados para el levantamiento topográfico

Para la ejecución del levantamiento topográfico se requiere un conjunto de equipos, instrumentos y herramientas, a continuación, se mencionan:

- Estación total marca SOKKIA IM 50 Series, precisión modelo Focus 2 (5").
- Trípode de metal marca SOKKA.
- Dos prismas SOKKIA.
- Dos bastones para prisma de marca SOKKIA.
- Brújula.
- GPS de mano, marca Garmin, modelo Etrex 10, Precisión GPS < 10 metros, 95% típico; precisión DGPS (WAAS) < 5 metros 95% típico.
- Chapas y clavos de 4".
- Pintura en aerosol color rojo.

4.6.2. Procedimiento aplicado para el levantamiento topográfico en el tramo en estudio

- a) En primer lugar, se definió un BM, colocando el GPS de mano para ubicar el sitio con coordenadas UTM, Wgs84 en la zona 16 norte.
- b) Luego de tener registro de las coordenadas de partida se procedió a plantar el equipo estación total, haciendo todo el proceso de nivelación y orientación del mismo.
- c) Dentro del equipo de estación total se asignó el nombre del trabajo y se guardaron las coordenadas de salida en la estación, posteriormente se orientó al norte magnético y se registró con un ángulo de salida de 00°00'00".
- d) En el levantamiento realizado, se utilizó el método de perfil longitudinal y sección transversal, el cual se efectuó de la siguiente manera: de la estación 0+000 hacia adelante, se dividió todo el tramo en sub - tramos de 10 metros aproximadamente, donde se levantó la vía transversalmente,

tomando los puntos de interés tales como ancho de vía (linderos o cercos), terreno natural (todo registro de terreno natural ya sea talud natural, drenaje pluvial natural, entre otros.), ancho de calle (banda izquierda y derecha).

- e) El cambio de estación se realizó a cada 100 m aproximadamente y en zonas de curvas horizontales donde no había mucha visibilidad se colocaron estacionamientos con distancias menores a los 100 m.
- f) Como trabajo de campo, a cada cambio de estación, en los enlaces se verificó la vista atrás tratando de obtener un registro de coordenadas no mayor a ± 0.005 m, (5 mm). Considerando la precisión del equipo con el que se realizó el levantamiento.

Cabe señalar que el equipo de estación total tiene la capacidad de almacenar numerosos datos definido como cantidad de puntos levantados identificando coordenadas Este (X), Norte (Y), Elevación (Z) y la descripción que identifica cada punto levantado.

4.7. Depuración de los puntos asistido por Excel

4.7.1. Información adquirida de la estación total

Finalizado el levantamiento topográfico se procede a extraer todos los datos correspondientes al levantamiento, así como coordenadas, elevación y detalles de puntos y almacenados en un dispositivo USB con el objetivo de depurar dichos puntos apoyados en la herramienta Excel para verificar si los puntos levantados coinciden con el número y código asignado durante la ejecución del levantamiento, de la misma manera deben coincidir los datos de la libreta digital de la estación total con la libreta física que se realizó el día del levantamiento simultáneamente con la ejecución. Ver ejemplo en tabla 50, pág. 85.

Tabla 50 Muestra de los datos levantados (Libreta digital).

Número	Norte (X)	Este (Y)	Elevaciones (Z)	Código
1	1429695	571132	1015	BM1
2	1429581	571101,1	1,013,967	BM2
3	1429603	571108,4	1,009,027	CL
4	1429689	571126,8	1,014,005	CL
5	1429687	571116,7	1,012,649	CL
6	1429649	571015,1	1,000,295	CL
7	1429693	571151,1	1,017,336	CL
8	1429710	571227	1,027,072	CL
9	1429708	571227,8	1,027,166	OI
10	1429707	571228	1,027,006	BO

Fuente: Elaboración propia. Ver datos completos en Anexos, pág. XI.

Significado de símbolos de puntos topográficos ver anexos, Tabla 76, pág. XIV.

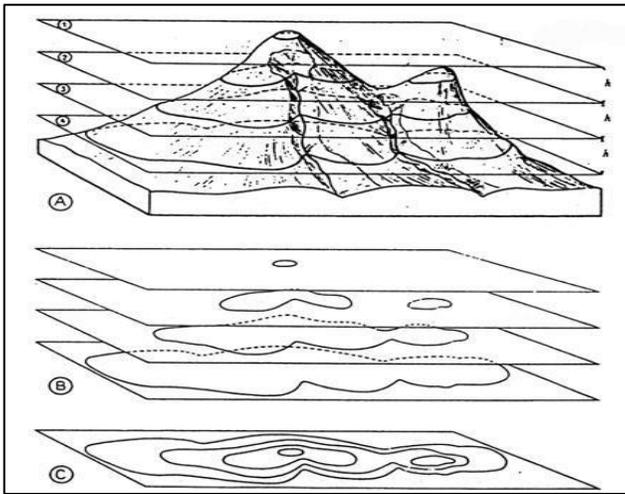
4.8. Relieve del tramo en estudio

Representando el relieve de un levantamiento topográfico de un terreno se identifica el conjunto de formas que componen la superficie del mismo proyectado sobre una superficie horizontal, a esta representación se le llama plano horizontal.

El relieve de una superficie sirve para identificar las formas montañosas, llanuras y depresiones, estas formas se ven afectadas en gran parte por el efecto causado por el clima.

Otra característica son las curvas de nivel o isohipsas que son líneas que unen los puntos de la superficie topográfica representando la altitud de la misma.

Figura 6 Relación entre el relieve y su representación mediante curvas de nivel.



Fuente: Aubouin, Dercourt y Labasse, 1970; pág. 175.

La topografía de un terreno tiene gran efecto en el alineamiento de una calle para o de una carretera que se espera definir sus límites tanto longitudinales como transversales así mismo sus características de elevaciones lo cual permite la clasificación de este terreno según sus pendientes de inclinación, se puede clasificar en tres tipos:

- Terreno llano o plano.
- Terreno ondulado.
- Terreno montañoso.

Tabla 51 Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales

TIPO DE TERRENO	RANGO DE PENDIENTE P (%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 < P \leq 15$
Montañoso	$15 < P \leq 30$

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2011 pág. 116.

Para determinar la pendiente de un terreno se debe tomar en cuenta la longitud del tramo que se desea identificar y las elevaciones en ambos puntos (inicial y

final) para este caso se realizan a cada 200 m, para identificar estas pendientes se utiliza la siguiente ecuación:

$$m = \frac{\text{Elev2} - \text{Elev1}}{\text{DH}} * 100$$

Donde:

m: Pendiente en porcentaje.

Elev2: Elevación del punto final.

Elev1: Elevación del punto inicial.

Como ejemplo se muestran los siguientes datos:

Estación	Elevación (m)	Distancia Horizontal (m)
0+00	1.014,00	200
0+200	1.027,80	

Para este estudio se realizó el cálculo de la pendiente a cada 200 metros de distancia para identificar qué tipo de terreno es en cada uno de los segmentos tomando como referencia entre el punto más bajo y el punto más alto de cada pendiente, a continuación, se muestra los cálculos:

Tabla 52 Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros.

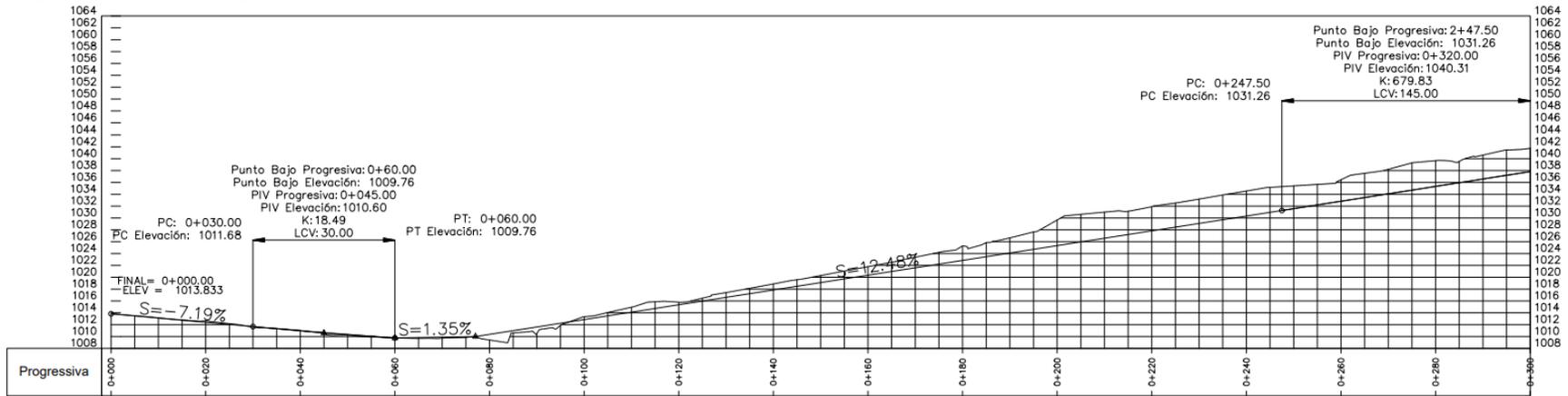
Estación	Elevación (m)	Distancia horizontal (m)	Pendiente	Tipo de terreno
0+00	1.014,00	200	6,90%	Ondulado
0+200	1.027,80			
0+200	1.027,80	200	12,60%	Ondulado
0+400	1.053,00			
0+400	1.053,00	200	11,75%	Ondulado
0+600	1.076,50			
0+600	1.076,50	200	-1,85%	Llano o plano
0+800	1.072,80			
0+800	1.072,80	200	1,50%	Llano o plano
1+00	1.075,80			
1+00	1.075,80	200	-0,25%	Llano o plano
1+200	1.075,30			
1+200	1.075,30	200	-0,15%	Llano o plano
1+400	1.075,00			
1+400	1.075,00	100	2,20%	Llano o plano
1+500	1.077,20			

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados de los cálculos de las pendientes se obtiene una variación a la hora de clasificarlos, se encuentran dos tipos de clasificación predominantes, las cuales son “Terrenos llanos o planos” y “Terrenos ondulados”. En definición se observa que, aunque se haya analizado por segmentos de 200 metros, desde la estación 0+00 – 0+600 el terreno está clasificado como “Terreno ondulado” por poseer pendientes que están dentro de un rango entre 5% y 15%. Por otra parte, los terrenos analizados desde la estación 0+600 – 1+500 el terreno está clasificado como “Llano o plano” por poseer pendientes que son menores al 5%.

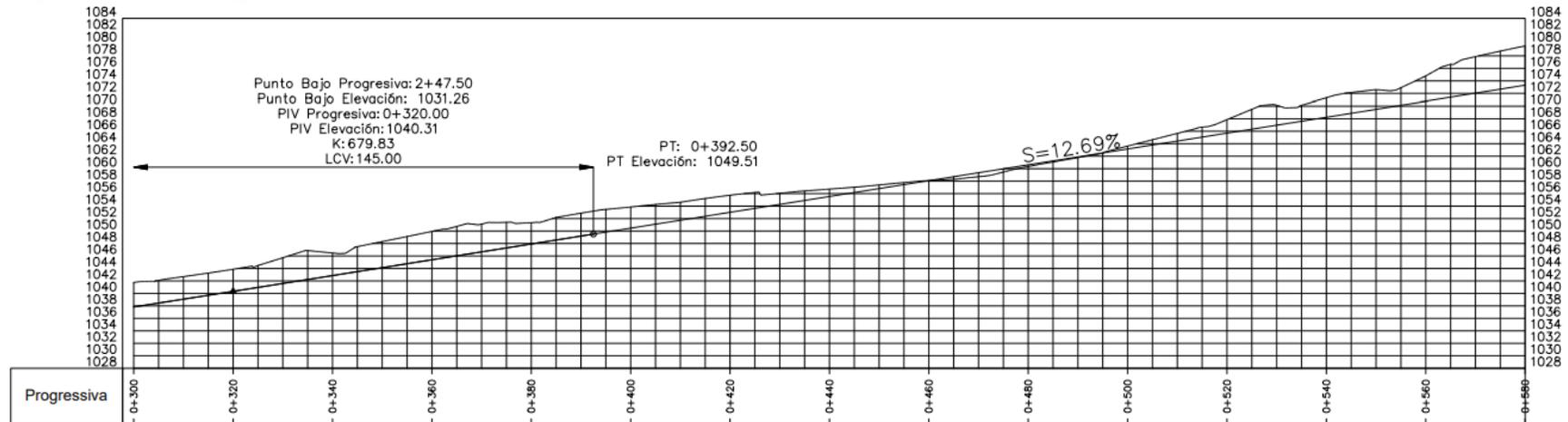
Aunque el terreno posee pendientes de terreno clasificados como plano, es conveniente clasificarlo de forma general como un terreno ondulado ya que también hay presencia de este tipo de terreno y también porque si analizamos el terreno desde la estación 0+00 – 1+500 se obtendría un terreno ondulado. Se puede ver gráficamente la pendiente del terreno. Ver figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12, pág. 87, 88 y 89 y las imágenes del levantamiento topográfico se pueden ver en Anexos, Figuras 23, 24 y 25, Pag LXXV, LXXVI y LXXVII.

Figura 7 Perfil longitudinal 0+00 – 0+300 San Nicolás - Comunidad La Puerta.



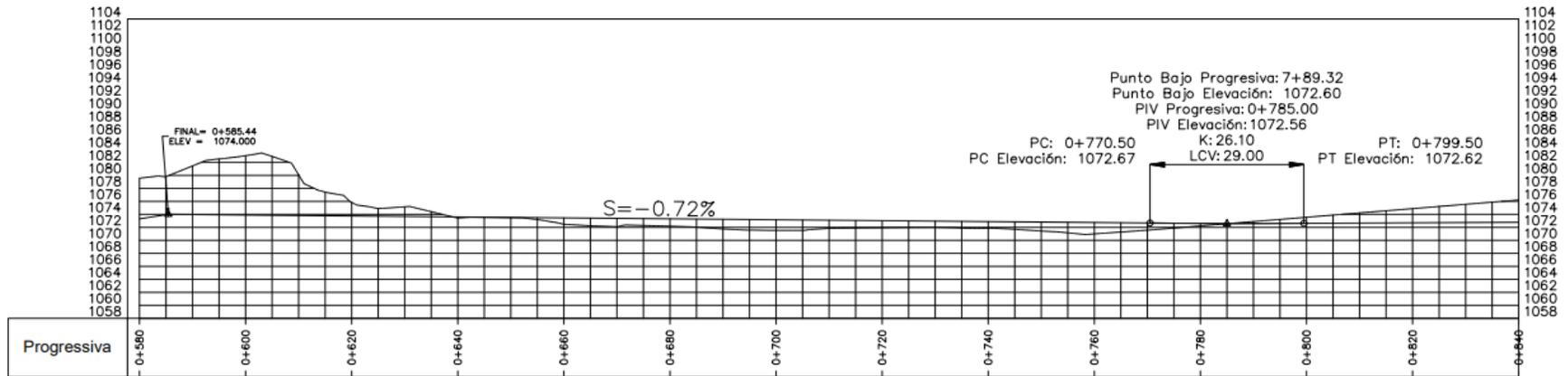
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8 Perfil longitudinal 0+300 - 0+580



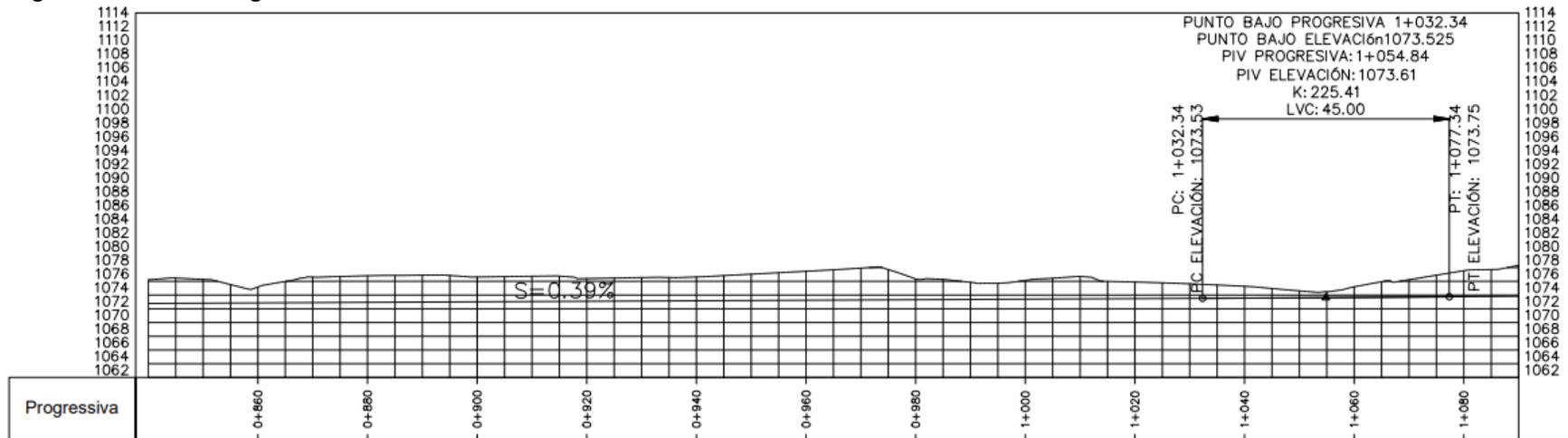
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9 Perfil longitudinal 0+580 – 0+840



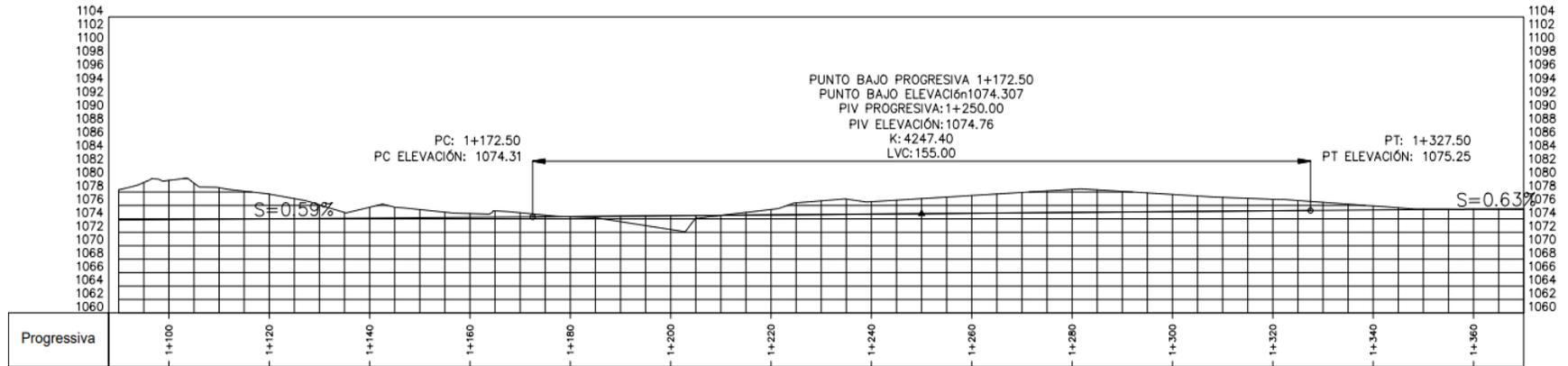
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Perfil longitudinal 0+840 - 1+090



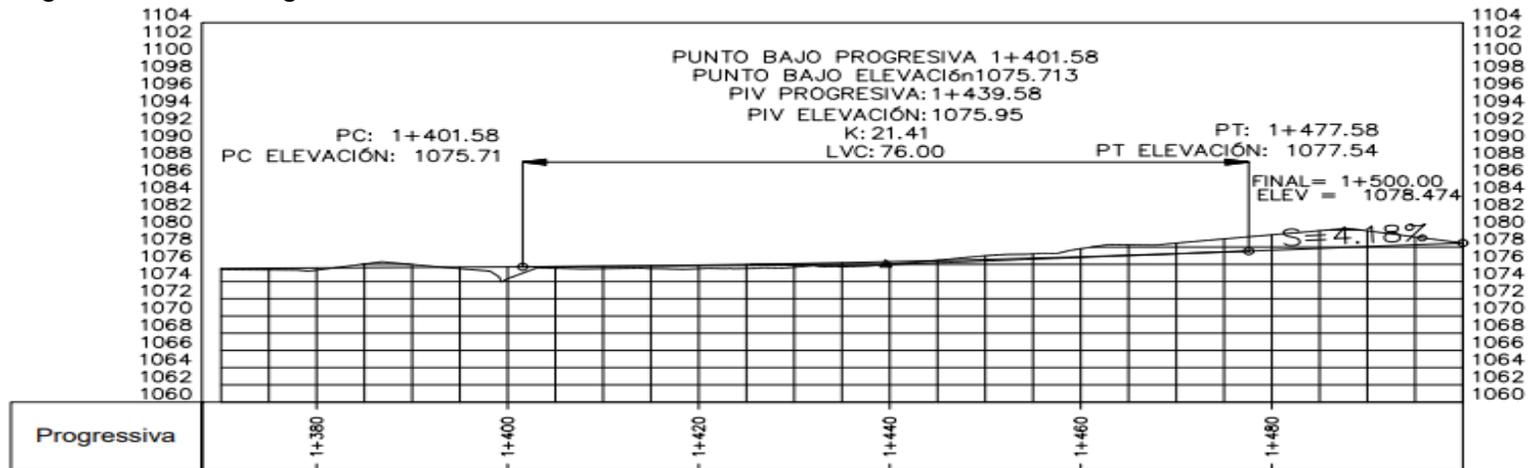
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 Perfil longitudinal 1+090 - 1+370



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Perfil longitudinal 1+370 - 1+500



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V: DISEÑO GEOMETRICO



5.1. Introducción

Para el diseño de pavimento una de las partes muy importantes que lo componen es el diseño geométrico de la vía, esto es debido a que en esta etapa se demuestra gráficamente la forma que debe tener el diseño tomando en cuenta la geometría actual del terreno tratando de no alterarlo ya que esto incurre costos muy elevados porque para cambiar la geometría actual se debe realizar un excesivo movimiento de tierra tanto para cortes como para rellenos, esto está relacionado de la misma manera con el estudio de tránsito ya que la geometría de la misma debe estar capacitada para permitir que con facilidad por ella transiten los vehículos de mayor peso por eje, de modo que el diseño geométrico se debe adaptar a la geometría actual del terreno siempre y cuando se tomen en cuenta los criterios que permiten diseñar una vía óptima para los circulantes.

Son tres elementos bidimensionales los que componen la geometría de una carretera: alineamiento horizontal, alineamiento vertical y transversal, en conjunto estos tres conforman un solo elemento tridimensional que corresponde al diseño de la vía. Las características que debe demostrar este elemento tridimensional son seguridad, capacidad, velocidad, facilidad y uniformidad en la operación.

Para el diseño geométrico de este estudio correspondiente al tramo de San Nicolás – Comunidad La Puerta, se aplicarán los criterios establecidos por el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011).

5.2. Sistemas y clasificaciones

Todo diseño geométrico de una carretera debe ser clasificada de acuerdo a algunos aspectos que ayudan a clasificarlas de distintas maneras, esto podría ser posible tomando en cuenta el propósito para el cual será diseñada principalmente, otros parámetros tomados en cuenta son en dependencia de su sistema operacional, según su clase, según su función y según su tipo geométrico.

El objetivo de clasificar adecuadamente la geometría de una carretera es permitir una comunicación adecuada en algunos ámbitos como son los planificadores de la obra, administradores, ingenieros involucrados y principalmente para el público

que será beneficiado con dicha obra, según su ubicación geográfica donde será construida la carretera se podría clasificar como urbana o rural.

5.2.1. Clasificación funcional

Según establece el (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras., 2011, pág. 23) dice que la clasificación funcional es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas, de acuerdo a las características de servicio al tráfico que se intente proveer.

5.2.1.1. Clasificación funcional y servicios previstos

Esta clasificación reconoce que los caminos y calles individuales no sirven a los viajes en forma independiente. Más bien, la mayoría de los viajes comprenden movimientos a través de las redes de caminos que pueden categorizarse con relación a tales redes en una forma lógica y eficiente. De este modo, la clasificación funcional de caminos y calles es también consistentes con la categorización de viajes, (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras., 2011, pág. 24).

Las calles y carreteras son clasificadas según su funcionalidad en tres grupos. Ver tabla 53, pág. 92.

Tabla 53 Sistema de clasificación funcional.

Clasificación funcional	Servicio que provee
Arterial	Provee el mayor nivel de servicio con las mayores velocidades permitidas en distancias de viaje ininterrumpido, con algún grado de control en los accesos.
Colectora	Provee un menor nivel de servicio que la arterial. Se permiten velocidades menores en distancias cortas por servir de colector de tráfico de caminos locales y los conecta con las arteriales.
Local	Consiste en todas las carreteras no definidas como arteriales o colectoras; su servicio principal es proveer acceso a la mayoría de lugares y sirve a los viajes sobre distancias relativamente cortas.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2011; pág. 25 del PDF.

5.2.1.2. Colectoras rurales

Este tipo de carretera se caracteriza por permitir al tránsito recorridos a menores distancias relativamente trasladándose de una ciudad a otra, pueblos y villas, este tipo de carretera tiene como funcionalidad alimentar a las carreteras clasificadas como troncales y colectoras sub urbanas. Este tipo de carreteras no permiten velocidades muy excesivas en comparación con las arterias de mayor tránsito. Las colectoras rurales aportan significativamente un mayor flujo de tránsito para el sector agrícola y ganadero así mismo para puertos marítimos o embarcaderos, centros escolares con alto volumen estudiantil y también para el sector industrial, todo este flujo vehicular que circulará por la vía se encontrará en un rango entre 500 - 10,000 vehículos / día.

De forma general, las vías colectoras rurales sirven a los viajes interdepartamentales, más que los de importancia municipal, y sobre las cuales (independientemente del volumen de tránsito) las distancias predominantes de

viaje son más cortas que sobre las vías arteriales (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras., 2011, pág. 27).

5.2.2. Clasificación de carreteras regionales SIECA 2004

Las carreteras regionales o centroamericanas constituyen una clasificación en sí que las separa y distingue de las carreteras nacionales de cada país de Centroamérica por una tenue línea divisoria que es más práctica que real. Se reputa como regional todo lo que es propio de la integración centroamericana o se acepta como tal por su proyección, alcance o simple definición de las autoridades competentes.

La clasificación funcional de las carreteras regionales, admite el establecimiento de cinco tipos de carreteras entre rurales y suburbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño, que por el rango inferior no deben ser inferiores a los 500 vehículos promedio diario. Por consiguiente, están fuera de consideración las carreteras urbanas al igual que los caminos vecinales o locales. Ver tabla 54.

Tabla 54 Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodamiento.

TPDA	>20,000		20,000 - 10,000		10,000 - 3,000		3,000 - 500	
	No. C	Superficie	No. C	Sup.	No. C	Sup.	No. C	Sup.
AR - Autopistas regionales	6 - 8	Pav.	4 - 6	Pav.				
TS- Troncales suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR - Troncales rurales	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
CS - Colectoras suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR - Colectoras rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2004, pág. 3-9.

5.2.3. Clasificación de carreteras regionales SIECA 2011

La clasificación funcional de las carreteras según la norma SIECA edición 2011, admite el establecimiento de doce tipos básicos de carreteras entre rurales y urbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño. Ver tabla 55.

Tabla 55 Clasificación Funcional de las Carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de Carriles y Tipo de Superficie de Rodamiento.

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

Fuente: Manual SIECA 2011; pág. 33.

Cabe señalar que el TPDA proyectado con un periodo de diseño de 20 años determinando así el TPDA hasta el año 2042 es de 510 vehículos / día.

De acuerdo al TPDA proyectado a 20 años en ambas tablas se clasifica como colectora menor rural.

5.3. Vehículo de diseño

En Nicaragua transita una variedad de vehículos según su clasificación en dependencia de la ubicación geográfica dentro del país, debido a esto es necesario clasificarlos y agruparlos para elegir un solo vehículo representativo para hacer posible el diseño geométrico.

El vehículo de diseño debe ser el que según su geometría sea el más complicado de transitar a través de la vía, por lo tanto, se debe ajustar el diseño geométrico para que este tenga las condiciones necesarias para permitir su libre circulación.

Cabe mencionar que cuando por una vía circulan vehículos de tracción animal o tracción muscular, estos también podrían ser tomados como vehículo de diseño de acuerdo así lo requiera el caso.

Para referirse a las clasificaciones vehiculares correspondientes a Centro América, el Manual SIECA ha adoptado los vehículos de diseño proporcionados por el Exhibit 2.1 de Policy on Geometric Design of Highways and Streets (1). Ver tabla 56, Pag 96.

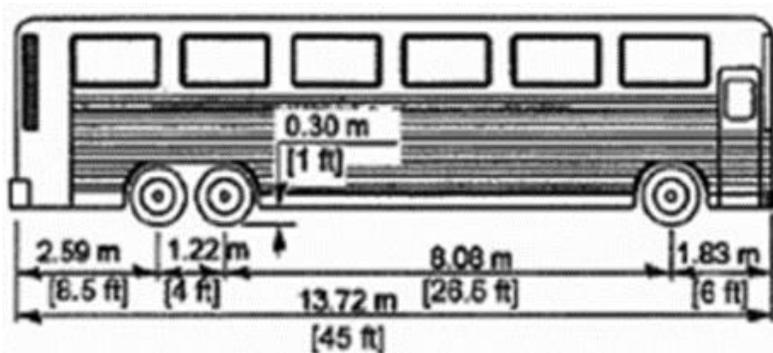
Tabla 56 Dimensiones de vehículos de diseño.

Vehículo de Diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Long.	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB 1	WB 2
Vehículo liviano	P	1.3	2.1	5.8	0.9	1.5	3.4	
Camión	SU	4.1	2.4	9.2	1.2	1.8	6.1	
Bus	BUS-14	3.7	2.6	12.2	1.8	2.6	7.3	
Bus articulado	A-BUS	3.4	2.6	18.3	3.1	6.7	5.9	
Cabezal con semirremolque	WB-15	4.1	2.6	16.8	0.6	4.5	10.8	
Cabezal con semirremolque	WB-19	4.1	2.6	20.9	0.9	0.6	4.5	10.8
Cabezal con semirremolque	WB-20	4.1	2.6	22.4	1.2	1,4 - 0,8	6.6	13,2 - 13,8

Fuente: Manual SIECA 2011, cuadro 2.1, pág. 38 del PDF.

En el tramo en estudio transitan 12 Buses escolares del cual en el formato que tiene el MTI no aparece en las columnas para ingresarla, sin embargo se optó por tomar en cuenta el Bus escolar y se introdujo en la columna de C3 que su longitud son proporcionales (C3 12 m y BUS-14 12.20 m), Por lo tanto el vehículo de Diseño será el BUS-14.

Figura 13 Vehículo de diseño (BUS-14).



Fuente: Manual centro americano para el diseño geométrico de carreteras SIECA 2011, Pag 400.

5.4. Trayectorias mínimas de giro de los vehículos de diseño

Entre las dimensiones que con mayor frecuencia afectan en un diseño geométrico, es principalmente el radio mínimo de giro RMG en la línea central, el ancho de la huella, distancia entre ejes y la trayectoria del neumático interior trasero.

Con regularidad cuando un conductor se dispone a realizar un giro sobre una curva horizontal, se acostumbra a realizarlo con una velocidad que sea menor o igual a 15 km/h, con el fin de disminuir los ángulos de deslizamiento de las ruedas gracias al radio de giro mínimo utilizado.

Los límites de las trayectorias de giro de los distintos vehículos de diseño, al hacer los giros más cerrados, están establecidos por la trayectoria del saliente frontal y la trayectoria de la rueda interior trasera.

Este giro supone que la rueda frontal exterior sigue el arco circular, definiendo el radio de giro mínimo según como se determine por el mecanismo de manejo del vehículo. Los radios mínimos de las trayectorias de las ruedas exteriores e interiores y el radio mínimo de giro (RMG) en la línea central, se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 57 Radios mínimos de Giro según Vehículos de Diseño.

Vehículo de Diseño	Símbolo	Radio de Giro Mínimo de Diseño (m)	Radio en la Línea Central RMG (m)	Radio Interior Mínimo (m)
Vehículo liviano	P	7.3	6.4	4.4
Camión	SU	12.8	11.6	8.6
Bus	BUS-14	13.7	12.4	7.8
Bus articulado	A-BUS	12.1	10.8	6.5
Cabecal con semirremolque	WB-15	13.7	12.5	5.2
Cabecal con semirremolque	WB-19	13.7	12.5	2.4
Cabecal con semirremolque	WB-20	13.7	12.5	1.3

Fuente: Manual SIECA 2011, pág. 39 del PDF.

5.5. Velocidad

Para todo conductor, la velocidad tiene un papel muy importante a la hora de utilizar una vía, esto va de acuerdo a la necesidad de trasladarse, el tipo de camino por el que transita o el tipo de vehículo que este conductor utiliza.

La velocidad con la que se desplaza un vehículo sobre un camino o una carretera, depende directamente de la habilidad del conductor y del tipo de vehículo con el cual este se traslada, también depende de otras cinco características como: las características físicas de la carretera, la cantidad de interferencias en los lados de la carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o interferencia de otros vehículos y las limitaciones a la velocidad.

Existen dos tipos de velocidades que se deben tomar en cuenta en un diseño geométrico:

a) Velocidad de operación

La velocidad de operación es la velocidad a la que los conductores son observados operando su vehículo bajo condiciones desfavorables. El 85 percentil de la distribución de velocidades observadas es la más frecuente medida usada

de las velocidades de operación asociadas con una particular localización o característica geométrica.

b) Velocidad de ruedo

La velocidad de ruedo es la velocidad con la que un vehículo viaja en un tramo de una carretera. La velocidad de ruedo es la longitud del tramo de la carretera dividida entre el tiempo requerido para que el vehículo de recorra ese tramo. La velocidad de ruedo promedio de todos los vehículos es la más apropiada medida de la velocidad para evaluar el nivel de servicio y costos de los usuarios de la carretera.

Para determinar la velocidad de ruedo promedio en una obra existente donde el flujo de tránsito es continuo, se puede obtener tomando las velocidades instantáneas de los vehículos que circulan por uno o más sitios de la vía, de todas las velocidades obtenidas se calcula la media aritmética de las mismas.

5.6. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño (también conocida como la velocidad directriz), es la velocidad seleccionada para poder determinar un sin número de características geométricas de la carretera. Los factores tomados en cuenta para determinar la velocidad de diseño son la topografía, la geometría de los terrenos que rodean la vía en estudio y la clasificación funcional de la carretera. Excepto para calles locales donde los controles de velocidad son incluidos intencionalmente, debe hacerse un esfuerzo para ser una velocidad de diseño que sea practica para obtener un deseado grado de seguridad, movilidad y eficiencia bajo las restricciones de la calidad del ambiente e impactos económicos, estéticos y sociales o políticos (SIECA, 2011).

Para determinar la velocidad de diseño se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Distribución de las velocidades.
- b) Tendencias a las velocidades.

- c) Tipo de área.
 - Rural
 - Urbana
- d) Condiciones del terreno.
 - Plano
 - Ondulado
 - Montañoso
- e) Volúmenes de tránsito.
- f) Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias.
- g) Condiciones ambientales.

A conveniencia de los conductores se espera que la velocidad de rueda sea menor a la velocidad de diseño. Al obviar esta conveniencia se encuentra mayor dificultad a la hora de transitar en una curva horizontal aguda.

En autopistas y carreteras arteriales principales, en áreas rurales, debe seleccionarse una velocidad de diseño de 110 KPH. En carreteras colectoras de carriles múltiples, en áreas suburbanas y rurales, las apropiadas velocidades de diseño son de 80 a 100 KPH. En carreteras colectoras, el rango de velocidad debe ser de 30 a 80 KPH y rango de velocidades de 20 a 60 KPH pueden utilizarse en carreteras vecinales.

Los valores tomados en cuenta para la elección de la velocidad de diseño son el TPDA proyectado hasta el año 2042 con 510 vehículos por día (vpd) Ver Tabla 26 Pág. 41 y una clasificación de terreno como ondulado en los primeros 600 m y llano o plano en los siguientes 900 m determinado según la topografía del terreno debido a la variación de pendientes en el tramo de estudio, ver Tabla 52, Pág 85.

Para este caso corresponde una velocidad de diseño de de 60 Km/h para todo el tramo en estudio, ver tabla 58, Pag 101.

Tabla 58 Velocidad de diseño en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.

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

Fuente: Manual SIECA 2004, pág. 4-3, 94 del PDF

5.7. Alineamiento horizontal

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

- a) Categoría de la Carretera
- b) Topografía del área
- c) Velocidad del proyecto
- d) Distancia de visibilidad
- e) Coordinación con el perfil
- f) Costos de construcción, operación y mantenimiento

Todos estos elementos deben conjugarse de tal manera que el diseño resultante sea más seguro y económico, en armonía con el contorno natural y al mismo tiempo adecuado a su categoría, según la clasificación funcional para el diseño.

La tendencia actual en el diseño de carreteras se orienta hacia la utilización de curvas amplias que se adaptan a la topografía del terreno, haciendo casi desaparecer las rectas.

Siguiendo algunos criterios, se recomienda evitar longitudes en rectas superiores a:

Ecuación 11 Longitud de la recta, m

$$Lr = 20 * V$$

En donde:

Lr = longitud de la recta, m

V = velocidad de diseño, KPH

En el diseño de las curvas de la carretera es necesario establecer las relaciones adecuadas entre la velocidad de diseño y la curvatura, así como sus estrechas relaciones con el peralte y la fricción lateral.

Cuando un vehículo se mueve siguiendo una trayectoria circular, es forzado hacia afuera, radialmente, debido a la aceleración centrípeta. Si la carretera tiene una inclinación transversal (sobreelevación o peralte), la componente del peso paralelo a la inclinación de la carretera y la fuerza de fricción lateral que se desarrolla entre las llantas y la superficie, o una combinación de las dos, contrarrestan esta aceleración centrípeta; sin embargo, esta es una fuerza imaginaria que el conductor cree que lo empuja hacia afuera de las curvas cuando, en efecto, el vehículo se aceleró en dirección al interior de la curva.

La fórmula básica que gobierna la operación de un vehículo en curva es:

Ecuación 12 Vehículo en curva

$$\frac{0.01e + f}{1 - 0.01ef} = \frac{V^2}{gR} = \frac{0.0079 V^2}{R} = \frac{V^2}{127 R}$$

En donde:

e = tasa de peralte de la carretera, en porcentaje

f = factor de fricción lateral

v = velocidad del vehículo, m/s

g = aceleración de la gravedad, 9.81 m/seg²

V = velocidad del vehículo, Km/h

R = radio de la curva, medido al centro de gravedad del vehículo, m

El valor del producto en esta ecuación es siempre pequeño, por lo que el término es normalmente omitido en el diseño de carreteras y calles, obteniéndose resultados ligeramente conservadores.

Si el vehículo viaja a velocidad constante en una curva con peralte en la que el valor de f es 0, la aceleración centrípeta es balanceada por la componente del

peso del vehículo y teóricamente, no se requiere fuerza en el volante; esta velocidad se conoce como “velocidad de equilibrio”.

A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo de una curva horizontal y una vertical.

DISEÑO DE CURVA HORIZONTAL

✓ Datos para el cálculo de la curva circular N° 1

Angulo de deflexión Δ	39.3906	(d)
Coefficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura $G^{\circ}c$	9.9645 (d)	$G^{\circ}c$
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	0+138.96	m

Cálculo del radio de diseño de la curva

$$R = 1145.92 / Gc$$

$$R = 1145.92 / 9.9645$$

$$R = 115.00 \text{ m}$$

Cálculo de la sub - tangente

$$ST = R * \tan \Delta/2$$

$$ST = 115 * \tan 39.3906/2$$

$$ST = 41.165 \text{ m}$$

Cálculo de la longitud de la curva de diseño

$$Lc = \pi * R * \Delta / 180$$

$$Lc = (\pi * 115 * 39.3906) / 180$$

$$Lc = 79.062 \text{ m}$$

Cálculo de los estacionamientos Tangencia donde comienza la curva PC y Tangencia donde termina la curva PT.

Ecuación 13 Est. PC

$$Est.PC = Est.PI - ST$$

$$Est.PC = 0 + 138.96 - 41.165 = 0 + 097.80$$

Ecuación 14 Est. PT

$$Est.PT = Est.PC + Lc$$

$$Est.PT = 0 + 097.80 + 79.062 = 0 + 176.86 m$$

Cálculo de la cuerda máxima

$$Cl = 2(R * \sin(\Delta/2))$$

$$Cl = 2 * (115 * \sin 39.3906/2)$$

$$Cl = 77.514m$$

Cálculo de la Externa

$$E = (R/\cos \Delta/2 - R)$$

$$E = (115/\cos (39.3906/2) - 115)$$

$$E = 7,145 m$$

Cálculo de la Ordenada Media

$$M = R * (1 - \cos \Delta/2)$$

$$M = 115 * (1 - \cos 39.3906/2)$$

$$M = 6.72 m$$

Cálculo del Sobreancho

$$S = n[R - (\sqrt{R^2 - L^2})] + V/10\sqrt{R}$$

$$S = 2 [115 - (\sqrt{(115^2 - 12^2)})] + 60/10\sqrt{115}$$

$$S = 1.81 m$$

Cálculo de peralte

Ecuación 15 Peralte

$$e = emáx/Gmáx^2 * (2 * Gmáx - Gc) * Gc$$

$$e = 8/(10.118)^2 * (2 * (10.118 - 9.9645) * 9.9645)$$

$$e = 7.998$$

Cálculo del LT

Ecuación 16 LT

$$LT = m * a * e$$

Ecuación 17 m

$$m = 1.5625 * V + 75$$

Ecuación 18 a

a = Ancho de la calzada/2

$$LT = (1.5625 * 60 + 75) * (6.60/2) * (7.998\%) = 44,54m$$

Cálculo de N

Ecuación 19 N

$$N = (LT * b)/e$$

Donde:

LT: Longitud de Transición

b: Bombeo

e: Peralte

$$N = (44,538 * 3\%)/7.998\%$$

$$N = 16,705m$$

✓ **Datos para el cálculo de la curva circular N° 2**

Angulo de deflexión Δ	60.0143	(d)
Coefficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura G°c	7.8487 (d)	G°c
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	0+396.46	m

✓ **Datos para el cálculo de la curva circular N° 3**

Angulo de deflexión Δ	44.0697	(d)
Coeficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura G°	9.9645 (d)	G°
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	0+598.14m	m

✓ **Datos para el cálculo de la curva circular N° 4**

Angulo de deflexión Δ	11.9924	(d)
Coeficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura G°	6.3662 (d)	G°
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	0+709.43m	m

✓ **Datos para el cálculo de la curva circular N° 5**

Angulo de deflexión Δ	21.8531 (d)	(d)
Coeficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura G°	6.5857 (d)	G°
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	0+886.39m	m

✓ **Datos para el cálculo de la curva circular N° 6**

Angulo de deflexión Δ	71.4411 (d)	(d)
Coeficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura G°	9.9645 (d)	G°
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	1+043.91m	m

✓ **Datos para el cálculo de la curva circular N° 7**

Angulo de deflexión Δ	2.3001 (d)	(d)
Coeficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura $G^{\circ}c$	3.6035 (d)	$G^{\circ}c$
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	1+201.32m	m

✓ **Datos para el cálculo de la curva circular N° 8**

Angulo de deflexión Δ	26.9472 (d)	(d)
Coeficiente de Fricción máxima	0.17	-
Peralte máximo	8.00	%
Grado de Curvatura $G^{\circ}c$	6.4741 (d)	$G^{\circ}c$
Velocidad de Diseño	60	KPH
EST. PI	1+433.74m	m

➤ **Cálculo de curva vertical del tramo en estudio**

✓ **Datos de la curva vertical N°1**

Pendiente de entrada	-7.19	%
Pendiente de Salida	-5.57	%
Coefficiente de fricción longitudinal	0.33	
Velocidad de diseño	60	KPH
Estacionamiento EST. PIV	0+045	m
Elevación ELEV. PIV	1+010.59	m

✓ **Diferencia algebraica de las pendientes**

Ecuación 20 Diferencia algebraica de las pendientes

$$G = (P1 - P2)$$

$$G = (-7.19) - (-5.57) = -1.62$$

Dado que la diferencia algebraica es negativa entonces la curva está en columpio. Para el cálculo de la longitud de la curva, necesitamos el valor de K, y dado que en la tabla del control de diseño para curva vertical en columpio para distancia de visibilidad de parada, K es igual a 18.

$$L = K * G$$

$$L = (18) * (-1.62) = 29.16 \text{ m}$$

Distancia que podrá ser redondeada a los 30 m. del cálculo referencial.

Cálculo de la distancia de visibilidad de parada

$$D1 = 0.278 * V * t$$

Donde:

V: velocidad inicial, KPH.

t: tiempo de percepción y reacción, que es de 2.5 seg.

a: tasa de desaceleración, m/s²

$$D1 = (0.278) * (60\text{KPH}) * (2.5 \text{ s.}) = 41.7 \text{ m}$$

✓ **Distancia de frenado**

$$D2 = V/254 * (f \pm G)$$

Donde:

V: velocidad inicial, KPH

f: coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento (f = 0.33)

G: diferencia algebraica de las pendientes

$$D2 = 60^2/254 * (0.33 \pm 1.62) = 27.63 \text{ m}$$

$$DVP = D1 + D2$$

$$DVP = 41.7 + 20.63 = 69.33 \text{ m}$$

Longitud mínima de la curva

Ecuación 21 Longitud mínima de la curva

$$L = G * DVP^2/404.25$$

$$L = |(1.62) * (69.33)^2/404.25| = 19.26 \text{ m}$$

$DVP = 69.33 > L = 19.26$. Se propone la longitud de 30m

✓ **Cálculo de los estacionamientos**

La curva que se diseñará es simétrica, por tanto:

$$EST.PCV = EST.PIV - L/2$$

$$EST.PCV = 0 + 045 - 30/2 = 0 + 030$$

Ecuación 22 Est. PTV

$$EST.PTV = EST.PIV + L/2$$

$$EST.PTV = 0 + 045 + 30/2 = 0 + 060$$

✓ **Cálculo de las elevaciones**

Ecuación 23 Elv. PCV

$$Elv.PCV = Elv.PIV - P1 * L/2$$

$$Elv.PCV = 1010.60 - (-7.19\% * 30/2) = 1011.68 \text{ m}$$

Ecuación 24 Elv. PTV

$$Elv.PTV = Elv.PIV + P2 * L/2$$

$$Elev.PTV = 1010.59 + (-5.57\% * 30/2) = 1.009.76 m$$

- **Datos de la curva vertical N°2**

Pendiente de entrada	12.48	%
Pendiente de Salida	12.69	%
Coefficiente de fricción longitudinal	0.33	
Velocidad de diseño	60	KPH
Estacionamiento EST. PIV	0+320	m
Elevación ELEV. PIV	1+040.31	m

- **Datos de la curva vertical N°3**

Pendiente de entrada	-0.72	%
Pendiente de Salida	0.39	%
Coefficiente de fricción longitudinal	0.33	
Velocidad de diseño	60	KPH
Estacionamiento EST. PIV	0+785	m
Elevación ELEV. PIV	1+072.56	m

- **Datos de la curva vertical N°4**

Pendiente de entrada	0.39	%
Pendiente de Salida	0.59	%
Coeficiente de fricción longitudinal	0.33	
Velocidad de diseño	60	KPH
Estacionamiento EST. PIV	1+054.84	m
Elevación ELEV. PIV	1+073.61	m

- **Datos de la curva vertical N°5**

Pendiente de entrada	0.59	%
Pendiente de Salida	0.63	%
Coeficiente de fricción longitudinal	0.33	
Velocidad de diseño	60	KPH
Estacionamiento EST. PIV	1+250	m
Elevación ELEV. PIV	1+074.76	m

- **Datos de la curva vertical N°6**

Pendiente de entrada	-0.03	%
Pendiente de Salida	4.18	%
Coeficiente de fricción longitudinal	0.33	
Velocidad de diseño	60	KPH
Estacionamiento EST. PIV	1+439.58	m
Elevación ELEV. PIV	1+075.95	m

CAPITULO VI: DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO



6.1. Introducción

Se conoce como pavimento al conjunto de capas de distintos materiales que tienen como objetivo soportar las cargas vehiculares para transmitir las a la capa más inferior llamada sub rasante de una forma que estas se presenten de una forma más disipada para que esta carpeta de rodamiento pueda funcionar de una manera más efectiva en su funcionamiento.

Este diseño es un tipo de pavimento flexible y para esto se aplica el método desarrollado por la American Association of State Highway AASHTO – 1993, este método permite la aplicación de sus parámetros establecidos para calcular cada uno de los espesores que conformarán la superficie de rodamiento.

En Nicaragua se utiliza este método debido a que no existe otro método efectivo que permita diseñar estructuras de pavimento. Para hacer más efectiva la determinación de los espesores de las capas se debe tomar en consideración los datos reales que correspondan a la zona donde se debe diseñar, estos datos son el estudio de tránsito, registros históricos de la zona y las propiedades físico mecánicas del suelo donde se diseñará.

6.2. Componentes estructurales del pavimento flexible

6.2.1. Sub – rasante

Se define como sub – rasante a la capa de terreno natural después del corte y tiene como funcionamiento soportar la estructura de pavimento, de igual modo se puede considerar como una capa adicional de máxima estabilidad al terreno natural que se define como sub – rasante mejorada.

6.2.2. Sub – base

Se cono como sub – base a la capa que puede estar compuesta de materiales clasificados de acuerdo a su granulometría, características plásticas y resistencia, de ser necesario se podría mejorar este material realizando una estabilización mecánica (compactación).

6.2.3. Base

Es la capa compuesta de material clasificado como rocas trituradas o escoria triturada, estas a su vez pueden ser mejoradas mediante la estabilización mecánica (compactación) y químicas.

6.2.4. Capa superficial o capa de rodadura

Se define como la capa superior del pavimento compuesta por una mezcla de agregados minerales y materiales asfálticos, esto permite que esta capa pueda resistir y transmitir cargas vehiculares que sobre ella actúan así mismo como su desgaste. Tiene también como propósito la protección de la capa base y las demás capas por debajo de la base.

6.3. Variables de diseño que intervienen en el método de la AASHTO - 93

Este método de la AASHTO -93 aplica un conjunto de ecuaciones que permiten obtener el parámetro llamado número estructural (SN) el cual es de suma importancia para la determinación de los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento, entre ellas está la capa asfáltica, la capa base y la capa sub – base, estos cálculos están íntimamente relacionados con el estudio de tránsito, desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad.

6.3.1. Número estructural

El número estructural representado como variable SN, es el valor que representa la resistencia estructural de un pavimento requerido o mejor dicho es el valor soporte del suelo, los coeficientes adecuados convierten al SN en espesores reales de la carpeta de rodamiento tanto para la capa base y la capa sub – base, el SN asumido para este caso será con un valor de 5.

6.3.2. Índice de serviciabilidad

Al mencionar índice de serviciabilidad se refiere a la capacidad del pavimento de funcionar de acuerdo al tipo de tráfico, por ejemplo, autos, camiones, buses, entre

otros que circulan sobre la vía diseñada, el índice de serviciabilidad se obtiene mediante dos valores, uno es la serviciabilidad inicial (P_o) que se elige según el funcionamiento del diseño de pavimento y su calidad de construcción, el otro valor será la serviciabilidad final (P_t) que se elige de acuerdo al funcionamiento del camino adaptándose a los criterios de diseño.

6.3.2.1. *Serviciabilidad inicial*

Se refiere a la condición que presenta un pavimento en el instante que ha sido construido, para elegirlo se necesita tomar en cuenta los métodos de construcción ya que esto se refiere a la calidad del pavimento.

Tabla 59 Índice de serviciabilidad inicial.

Serviciabilidad inicial (P_o)	
Pavimento Rígido	4.5
Pavimento Flexible	4.2

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA (2002), Capítulo 7, pág. 4
 Para este caso se tomará un valor de serviciabilidad inicial $P_o = 4.2$ debido a que este diseño corresponde a un pavimento flexible.

6.3.2.2. *Serviciabilidad final*

La serviciabilidad final está relacionada con la clasificación que se espera que tenga el diseño de pavimento cuando este haya cumplido su vida útil.

Tabla 60 Índice de serviciabilidad final.

Serviciabilidad final (P_t)	
Caminos muy importantes	2.5
Caminos de menor tránsito	2

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA (2002), Capítulo 7, pág. 4

6.3.3. Pérdida de Serviciabilidad

Esta pérdida de serviciabilidad es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial P_o y la serviciabilidad final P_t . Para obtener este valor se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 25 ΔPSI

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

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

6.4. Análisis de Carga y Ejes Equivalentes Para el Diseño de Pavimento

Para un diseño de pavimento existe es de gran importancia conocer la confiabilidad que tendría el mismo. La confiabilidad se define como la confiabilidad del proceso diseño – desempeño de un pavimento flexible mejor dicho como la probabilidad con la que desempeñará satisfactoriamente el diseño para soportar las cargas del tráfico así mismo ante las condiciones climatológicas durante su vida útil.

Tabla 61 Niveles de confiabilidad recomendados por la AASHTO para las distintas clasificaciones funcionales.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 90	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASTHO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Para este caso debido a que la carretera del sitio está clasificada como colectoras y al mismo tiempo está ubicada en una zona rural, corresponde utilizar una confiabilidad que está dentro de un rango de 75% - 95%, para este caso se utilizará una confiabilidad del 80%.

6.4.1. Desviación estándar (So)

Se le llama desviación estándar al factor que considera la variabilidad respecto a los demás parámetros que están incluidos para realizar este diseño de espesores así mismo como el comportamiento del mismo, también toma en cuenta los errores provenientes de los datos de construcción, también la variación que puedan tener las propiedades de los materiales que conforman el suelo,

estimación del tráfico, condiciones climatológicas y la calidad de su edificación. Ver tabla 62.

Tabla 62 Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles.

Condición de diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores de tránsito	0,35 Pav. Rígidos
	0,45 Pav. Flexibles
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores de tránsito	0,4 Pav. Rígidos
	0,5 Pav. Flexibles

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA (2002).

Para este caso debido a que el tipo de diseño es pavimento flexible se adoptará una desviación estándar $S_o = 0.45$ el cual corresponde al tipo de diseño.

6.4.2. Coeficientes de drenaje

Para todo tipo de pavimento, el drenaje de agua debe ser considerado como parte importante en el diseño, es de gran importancia evitar que exista presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectara en gran medida la respuesta estructural del pavimento.

A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje. Por lo antes mencionado es bueno tener un buen sistema de drenaje en las carreteras así se aumenta la capacidad portante de la sub – rasante.

De acuerdo se indica en la AASHTO – 93, recomienda utilizar coeficientes de drenaje los cuales serán utilizados en los cálculos para el diseño de los espesores de la estructura de pavimento, ver tabla 63 Pág. 119.

Tabla 63 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1,4 - 1,35	1,35 - 1,3	1,3 - 1,2	1.2
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1	1
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1 - 0,8	0.8
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,8	0,8 - 0,6	0.6
Muy pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,4	0.4

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, Capítulo 7. Pág. 148.

De acuerdo a lo indicado en la tabla anterior, se obtiene que la calidad de drenaje que contiene el tramo en diseño debe ser bueno, tomando así un valor $m=1$, este drenaje clasificado como bueno se obtiene a partir de las pendientes se identificaron en el capítulo de levantamiento topográfico.

6.5. Análisis de Cargas y Ejes Equivalentes Para el Diseño de Pavimento

Para el análisis de carga se utiliza la clasificación de los ejes de carga de cada vehículo, producto a que los pavimentos presentan diferentes respuestas a la deformación, las fallas presentes en ellos serán distintas según la intensidad de carga y las características presentes en el pavimento, esto se debe a los distintos espesores y materiales que actúan de manera diferente ante una determinada carga aplicada sobre el mismo.

Se define como ESAL's de diseño a las transformaciones de ejes del tipo de tránsito que circula sobre una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas o mejor dicho 18 kips o 18,000 libras sobre el carril diseñado durante el periodo de vida útil del tramo. Ver tabla 64 pág. 120.

Tabla 64 Diagrama de cargas permisibles para vehículos livianos y pesados.

Tipo de Vehículo	Peso por eje en (TON)	Peso Total en (TON)	Peso por eje en (LBS)	Peso por eje en (KIPS)
Autos	1/1	2	2200	2.2
			2200	2.2
Jeep	1/1	2	2200	2.2
			2200	2.2
cam.	1/2	3	2200	2.2
			44000	4.4
McBus < 15 s	2/4	6	44000	4.4
			8800	8.8
MnBus 15-30 s.	4/8	12	8800	8.8
			17600	17.6
Bus 30+ s	4.5/9	13.5	9900	9.9
			19800	19.8
Liv 2.5 t	4.5/9	13.5	9900	9.9
			19800	19.8
C2 5+ t	5/9	14	11000	11
			19800	19.8
C3	5/16	21	11000	11
			35200	35.2
Tx-Sx <=4 e- T2S1	5/9/9	23	11000	11
			19800	19.8
			19800	19.8
Tx-Sx <=4 e- T2S2	5/9/16	30	11000	11
			19800	19.8
			35200	35.2
Cx-Rx <=4 e- T3S2	5/16/16	37	11000	11
			35200	35.2
			35200	35.2
Cx-Rx <=4 e- C2R2	9/8/10.5/10.5	48	19800	19.8
			39600	39.6
			23100	23.1
			23100	23.1
Cx-Rx >=5 e- T3S3	5/16/20	41	11000	11
			35200	35.2
			44000	44
Cx-Rx >=5 e- C3R3	10/16/10.5/20	56.5	22000	22
			35200	35.2
			23100	23.1
			44000	44

Fuente: MTI, Dirección General de Vialidad, departamento de pesos y dimensiones.

6.6. Módulo Resiliente

El módulo de resiliencia está desarrollado con el objetivo de identificar las propiedades de los suelos cuando sobre ellos actúan cargas dinámicas causadas por las ruedas de los vehículos. La forma más conveniente de calcular este valor es haciendo uso de un equipo especial y difícil de encontrar y es por esta causa que se calcula utilizando otros tipos de ensayos.

La guía de la AASHTO-93 establece la correlación para calcularlo a partir del dato de CBR de diseño, por lo tanto, se establecen las siguientes ecuaciones que permiten calcular el MR de la sub - rasante.

- Para suelos que poseen CBR menor o igual al 10 %.

$$MR = 1,500 * CBR$$

- Para suelos que poseen CBR mayor al 10 %.

Ecuación 26

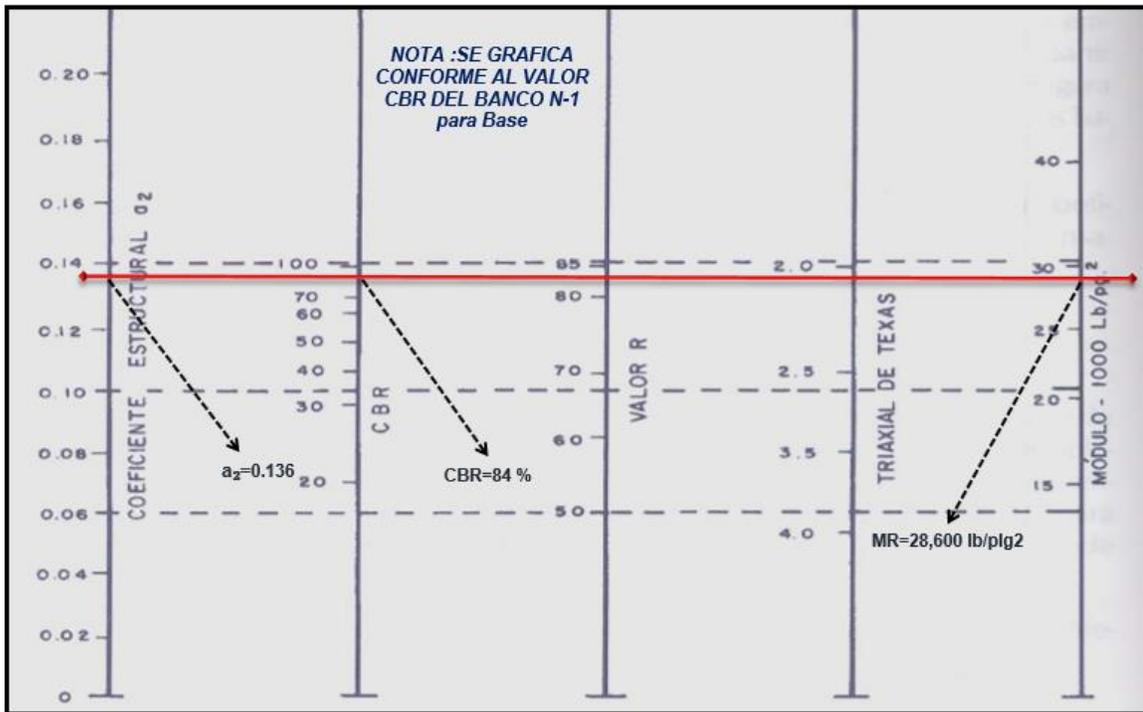
$$MR = 4,326 * Ln(CBR) + 241$$

En el capítulo de estudio de suelos figura 5, página 74 se muestra el CBR de diseño correspondiente al sitio y tiene un valor CBR=14.2, lo que quiere decir que corresponde utilizar la ecuación 26.

$$MR = 4,326 * Ln(14.2) + 241 = 11,719 \text{ PSI}$$

Para determinar los módulos de resiliencia correspondientes al banco 1 con un CBR de 84% propuesto para ser utilizado como papa base y el banco 2 con un CBR de 80% propuesto a ser utilizado como sub – base, sus módulos correspondientes se determinarán a partir del uso de los nomogramas designados por la Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Figura 14 Coeficiente estructural a_2 y MR para base granular no tratada.

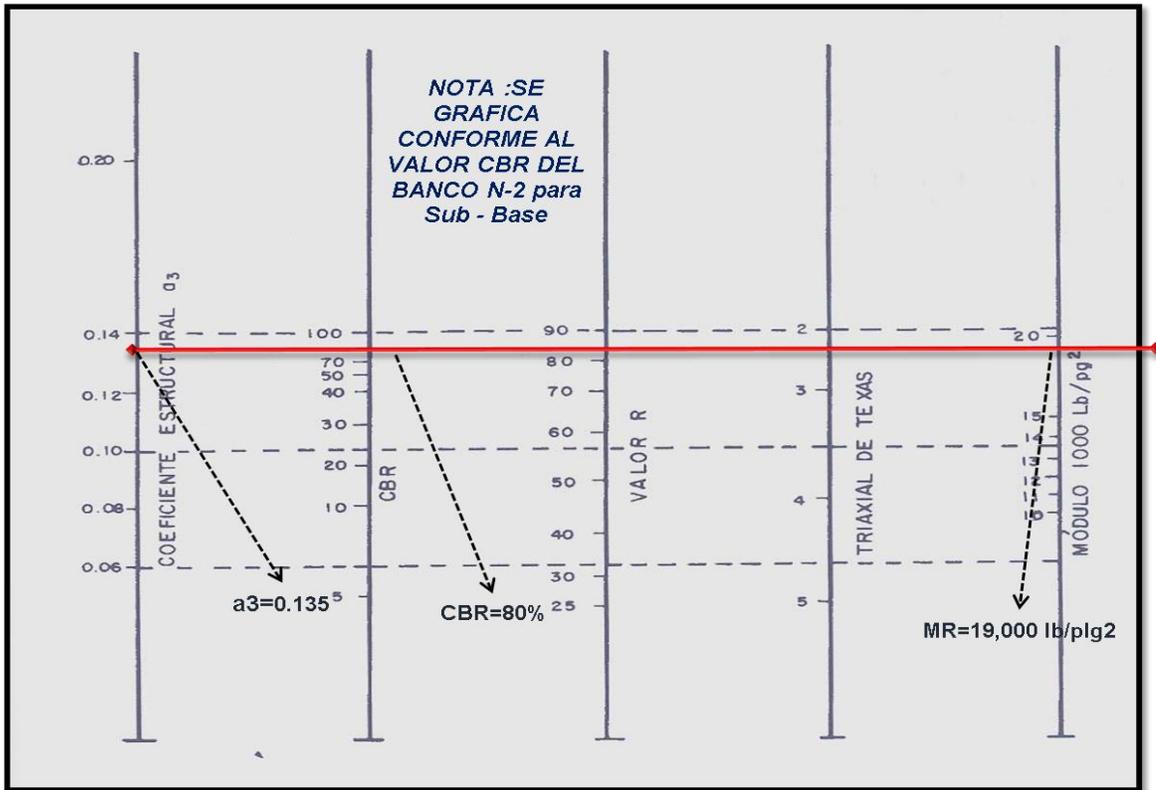


Fuente: Guía de Diseño para Estructura de Pavimento, AASHTO 93, 2001. Capítulo 5. Pág. 118

Proyectando una recta horizontal a partir de un CBR= 84% correspondiente al banco 1 propuesto para ser utilizado como capa base, se obtiene un coeficiente estructural $a_2= 0.136$ y un módulo de resiliencia $MR=28,600$ PSI.

Cabe mencionar que los coeficientes estructurales son coeficientes que involucran las diferentes características físicas y propiedades de los distintos materiales, para desempeñarse como componente estructural del pavimento. Estos factores son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, estos permiten convertir los espesores reales a los números estructurales (SN), interpretándose cada coeficiente como una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento.

Figura 15 Coeficiente estructural a_3 , para sub - base granular.



Fuente: Guía de Diseño para Estructura de Pavimento, AASHTO 93, 2001. Capítulo 5. Pág. 118.

Proyectando una recta horizontal a partir de un CBR= 80% correspondiente al banco 2 propuesto para ser utilizado como capa sub - base, se obtiene un coeficiente estructural $a_3= 0.135$ y un módulo de resiliencia $MR=19,000$ PSI.

6.7. Criterios de Estabilidad y Posibilidad de Construcción

Uno de los criterios más importantes para el diseño de los espesores de las capas estructurales de pavimento, es la determinación precisa de que deba tener cada una de ellas, aunque los espesores son obtenidos a través de cálculos se debe respetar los espesores mínimos establecidos por la Guía de Diseño de la AASTHO-93, esto es en caso que los espesores obtenidos sean inferiores a los establecidos por esta norma, esto es con el fin de obtener capas con espesores que brinden estabilidad para soportar las cargas del tránsito que durante su vida útil deba desempeñar con garantía, ver tabla 65, Pag 124.

Tabla 65 Espesores mínimos sugeridos por la AASTHO-93 para capas de concreto Asfáltico y base en función del tránsito.

ESPEORES MINIMOS CONSIDERADOS PARA BASE GRANULAR		
Número de ESAL´s	Espesor mínimo (Pulg.)	
	Pavimento	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

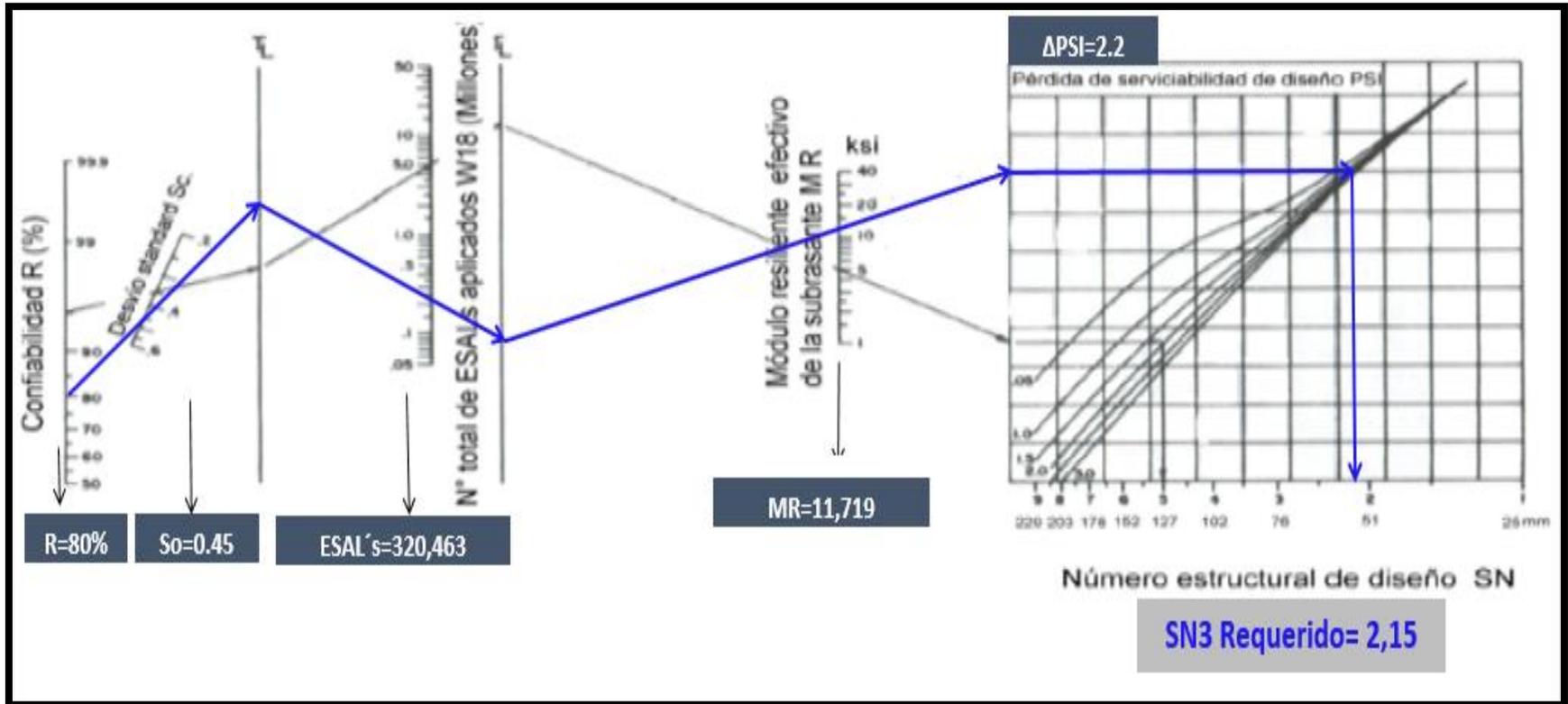
Fuente: Guía de Diseño para Estructura de Pavimento, AASHTO 93, 2001. Capítulo 8. Pág. 175.

Debido a que el ESAL´s de diseño obtenido para este caso en el estudio de tránsito obtenido es de 320,463 y tomando en cuenta que se usará una base granular, corresponde adoptar un espesor mínimo de 4 pulgadas para la capa base en caso que el diseño obtenido de los cálculos indique un espesor inferior a lo mínimo requerido.

6.8. Cálculo de los espesores de Capa (D) y Números Estructurales (SN)

Primeramente, se debe determinar el valor del número estructural (SN) para la sub - rasante y para esto se usará el nomograma correspondiente en función de la confiabilidad $R= 80\%$, desvío estándar $S_o= 0.45$, ESAL´s = 320,463, un módulo de resiliencia de la sub - rasante $MR= 11,719$ y una pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI= 2.2$, ver figura 16 pág. 125.

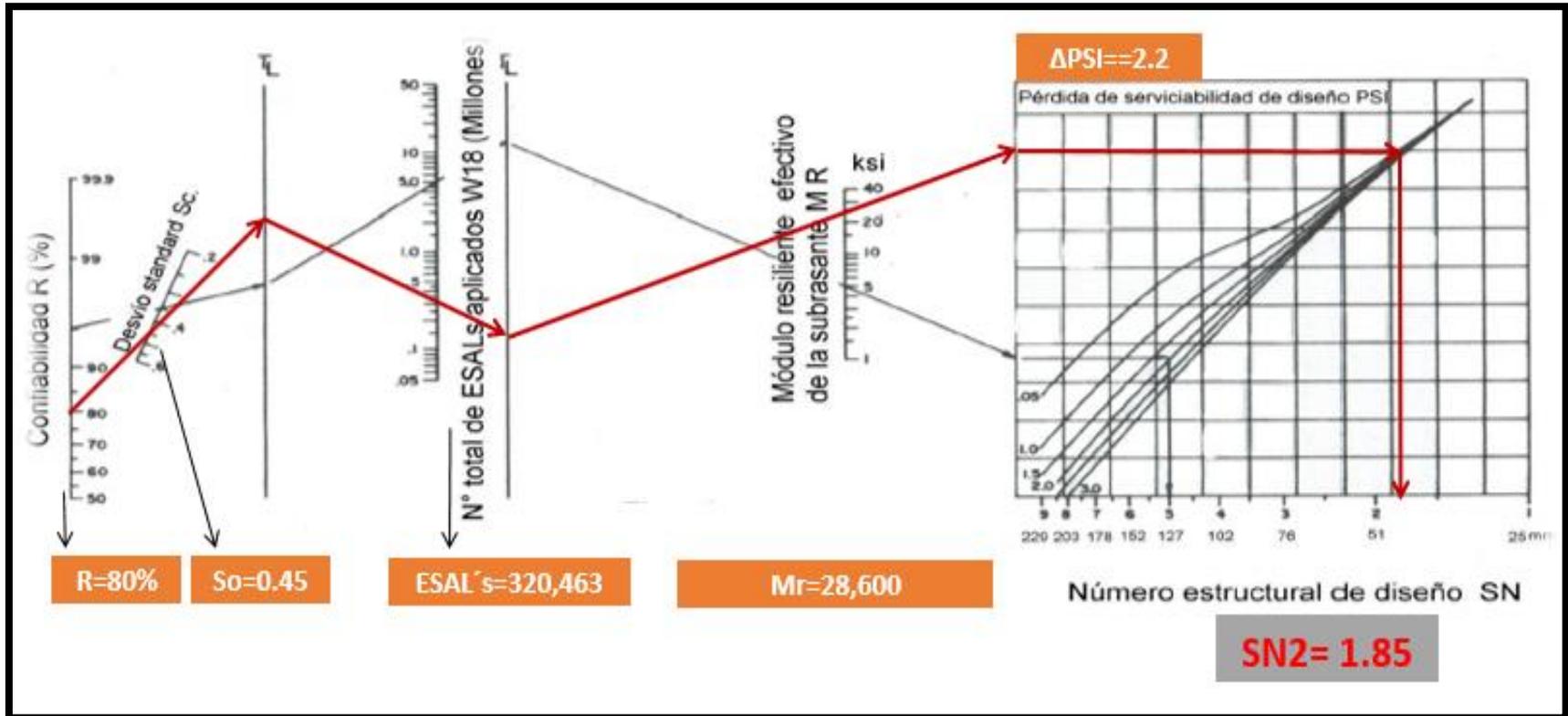
Figura 16 Determinación del número estructural SN3.



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

Tomando en cuenta los parámetros mencionados anteriormente, se obtiene un número estructural que es el requerido $SN3 = 2.15$.

Figura 17 Determinación del número estructural SN2.



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

Tomando en consideración una $R= 80\%$, $S_o= 0.45$, $ESAL's= 320,463$ $MR= 28,600$ y $\Delta PSI= 2.2$, se obtiene un número estructural 2 $SN_2= 1.85$.

Para la determinación del número estructural SN general se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 27 SN

$$SN = a_1 * D_1 * m_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Donde:

a₁= Coeficiente estructural de la carpeta de Rodamiento.

a₂= Coeficiente estructural para base granular.

a₃= Coeficiente estructural Sub - base granular.

m= Coeficiente estructural Sub - base granular.

D₁= Espesor de Capa Asfáltica.

D₂= Espesor de Capa Base.

D₃= Espesor de Capa de Sub – base.

6.8.1. Cálculo del espesor de la capa base

Debido a que el SN₁ fue identificado anteriormente a causa de que este corresponde a la capa de rodamiento (adoquín) lo cual es propio del material un SN₁= 1.8 y un espesor D₁= 4 pulgadas, se calculará el D₂ correspondiente a la capa base granular conociendo un SN₂= 1.85 se utilizará la siguiente ecuación:

Ecuación 28 $D_2 = (SN_2 - SN_1)/(a_2 * m_2)$

$$D_2 = (1.85 - 1.8)/(0.136 * 1) = 0.37 \text{ pulgadas.}$$

Según el resultado obtenido en la ecuación anterior, se obtiene un espesor para la capa base granular D₂ =0.37 pulg. Significa que este espesor será capaz de soportar las cargas verticales actuando sobre la misma, sin embargo, de acuerdo con el criterio de espesores mínimos de acuerdo al ESAL´s de diseño de 320,463, se indica que para este caso el espesor mínimo debe ser de 4 pulg. Por lo tanto,

se deberá hacer la debida corrección en base al espesor mínimo sugerido por AASHTO-93.

Debido a que fue necesario tomar el espesor mínimo sugerido por AASHTO, es también necesario corregir el cálculo de SN2 usando el nuevo espesor obtenido, por lo tanto, se demuestra:

$$SN2 = 0.136 * 4" * 1 = 0.544$$

El nuevo número estructural resultante SN2 obtenido tiene un valor de 0.544.

6.8.2. Cálculo del espesor de la capa sub - base

Conociendo anteriormente un SN3= 2.15, un SN2 corregido= 0.544, un SN1= 1.8, un a3= 0.135 y un m3= 1 se calculará el espesor D3 para la capa sub – base aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 29} \quad D3 = (SN_3 - (SN_2 + SN_1))/(a_3 * m_3)$$

$$D3 = (2.15 - (0.544 + 1.8))/(0.135 * 1) = - 1.4"$$

Según indica AASHTO - 93 orienta que, si el número resultante correspondiente al espesor de la sub base es negativo, entonces esta capa no es necesaria, por lo tanto, este diseño solo debe contar con una capa base granular únicamente.

Para este caso se determina que el diseño contará únicamente con una capa base que será capaz de soportar las cargas de tránsito, aunque solamente se usará una capa, fue necesario aumentar su espesor al mínimo permitido según normativas obteniendo así un número estructural mayor al conocido anteriormente lo cual aportará mayor protección a la sub – rasante ya que esta cuenta con propiedades que no son muy favorables para este diseño, esto significa que el comportamiento de toda la estructura del pavimento será totalmente satisfactoria para las necesidades requeridas.

6.8.3. Verificación de los resultados de espesores

Al haber calculado los espesores de cada una de las capas que conformarán la estructura del pavimento articulado, se necesita realizar la verificación de los mismos para así confirmar que los espesores calculados son correctos.

Para verificar los cálculos se debe cumplir la siguiente condición:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN \text{ Requerido}$$

Verificando lo antes mencionado, se obtiene que:

$$1.8 + 0.544 + 0 \geq 2.15$$

2.34 \geq 2.15 \therefore se cumple la condición establecida.

6.8.4. Resumen de los resultados

De acuerdo a los resultados calculados se han definido los espesores que conformarán la estructura de pavimento articulado correspondientes al tramo San Nicolás – Comunidad La Puerta, las capas estarán conformadas de la siguiente manera:

Tabla 66 Espesores de diseño de la estructura de pavimento.

Material	Espesores	
Adoquín	4 Pulg.	10.16 Cm
Arena	2 Pulg.	5.08 Cm
Base	4 Pulg.	10.16Cm
Sub base	0 Pulg	0.00 Cm
Espesor total	10 Pulg.	15.24 Cm

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18 Estructura de pavimento articulado.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



7.1. Conclusiones

Al diseñar la geometría y estructura de pavimento del tramo carretero San Nicolás – Comunidad la Puerta, aplicando normas nacionales se concluye lo siguiente:

- En el estudio de tránsito se obtuvo un volumen de tránsito de correspondiente al TPDA de 276 veh/día, donde el vehículo de mayor peso registrado fue el Bus-14.
- Basado en el estudio topográfico se generó un modelo de elevación digital que permitió definir las características físicas del tramo en estudio. En los primeros 600 metros se representa un terreno clasificado como ondulado, y en los próximos 900 metros se identifica un terreno clasificado como llano o plano y se obtuvo una rasante óptima para el perfil longitudinal.
- Se realizó el estudio de las propiedades y características de suelos que se encontraron a lo largo del eje de la carretera y banco de materiales. Con mayor frecuencia de acuerdo a las muestras procesadas el tipo de suelo predominante acorde clasificación AASHTO es A-2-4, A-7-5, A-4-6, A-5-0, A-1-b, A-6-1, A-4 (0). El CBR para diseño considerando el percentil del 75 % fue de 14.2% para 9 muestras analizadas. En el banco de préstamo para la base granular fue el tipo de suelo fue tipo A-1-a con un CBR de 84% lo cual indica que es un banco bueno para material de base acorde a norma NIC -2000, según los resultados del estudio se definió que se utilizará únicamente el banco número 1 para formar la base granular del diseño.
- El diseño de la estructura de pavimento se realizó basado en un número estructural (SN) de 0.544, la capa de rodamiento articulado (adoquín) con un número estructural $a_1 = 0.45$, una base granular con un número estructural $a_2 = 0.136$. Los espesores para la estructura de pavimento propuesta corresponden a 4 pulgadas para el adoquín, 2 pulgadas de arena y 4 pulgadas de base granular. No se requiere el uso de subbase acorde a las propiedades existentes de suelo.

7.2. Recomendaciones

Durante el desarrollo de este trabajo se encontraron diversos factores que llevaron a proponer recomendaciones para el trabajo a realizarse en el tramo de la vía en estudio San Nicolás – Comunidad la Puerta, estas recomendaciones se presentan a continuación:

- Se recomienda acceder a mayores áreas para el derecho de vía y realizar negociaciones con los propietarios de las tierras colindantes a la vía.
- Debido a las características geométricas de la vía diseñada en un relieve montañoso, se recomienda una adecuada señalización vertical y horizontal.
- Restringir los vehículos que excedan su capacidad de carga para reducir el deterioro de la estructura de pavimento durante su periodo de diseño.
- Se recomienda a la Alcaldía Municipal de San Nicolas, a la hora de la ejecución de la construcción en la etapa del corte, se instale geomalla textil en los sitios donde haya más presencia de suelos de muy mala graduación como son de los estacionamientos 0+200 a la 0+400 y de la 1+000 a la 1+400, para aislar el nuevo suelo compactado con el suelo adyacente y evitar que este contamine a la nueva capa base.

BIBLIOGRAFIA

- AASHTO 93. (2001). *Diseño de Pavimentos Método AASHTO 1993*. Washington: Instituto Nacional de Carreteras de los Estados Unidos.
- Agudelo Ospina, J. J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías*.
- carreteras, N. p. (2011). *Manual centro americano de normas para el diseño geométrico de carreteras*. Centro America : aecid.
- Castelán, E. (2005). *Manual de Carreteras*.
- Fitsgerald, A. (2009). *Mecánica de Materiales* . New Jersey: Alfaomega.
- Fonseca, A. (2001). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*.
- Infraestructura., M. d. (2008). *Manual para la revisión de estudios geotécnicos*. Managua: MTI.
- INTOP. (s.f.). *ESTACIÓN TOTAL*. Obtenido de <https://www.intop.es/detalle-noticia/4/trees>
- MTI. (2000). *Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes Nic 2000*.
- MTI. (2007). *Reglamento Nacional de la Construcción 2007*. Managua: Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- MTI. (2020). *Anuario de aforos de tráfico*. Managua: Oficina de Diagnóstico, Evaluación de Pavimentos y Puentes.
- NIC 2000. (s.f.). *Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puente*. Obtenido de <https://www.urbanismomanagua.gob.ni/wp-content/uploads/2020/10/TOMO-II-Normas-Nic-19.pdf>
- Scipion, E. (2010). *Diseño de Carreteras*.
- SIECA. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA*. Guatemala: SIECA.
- SIECA. (2011). *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*.
- Tarrillo, R. (27 de Septiembre de 2016). Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/nivelacin-compuesta-66474494/66474494>
- Villalaz, C. (2000). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*.

ANEXOS

Figura 19 Aforo vehicular estación 0+00 Sur – Norte.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20 Aforo vehicular estación 0+00 Norte – Sur.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67 Aforo vehicular. Norte-Sur. 01-11-22.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: NORTE-SUR		EST: 0+00		Total
							FECHA:	MARTES 01 DE NOVIEMBRE DEL 2022			
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S					
6.00 am	7.00 am	4	1	0	0	0	0	1	0	5	
7.00 am	8.00 am	9	2	0	3	0	0	1	0	15	
8.00 am	9.00 am	5	1	1	2	0	1	0	0	10	
9.00 am	10.00 am	4	0	0	1	1	0	1	0	7	
10.00 am	11.00 am	5	1	2	1	0	0	0	0	9	
11.00 am	12.00 pm	9	0	0	3	0	1	1	0	14	
12.00 pm	1.00 pm	3	1	1	1	0	0	0	0	6	
1.00 pm	2.00 pm	6	0	0	1	0	0	0	0	7	
2.00 pm	3.00 pm	4	0	0	2	1	1	1	0	9	
3.00 pm	4.00 pm	6	1	1	1	0	0	1	0	10	
4.00 pm	5.00 pm	2	0	0	1	0	2	0	1	6	
5.00 pm	6.00 pm	2	1	1	0	0	0	0	0	4	
TOTAL		59	8	6	16	2	5	4	2	1	103

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68 Aforo vehicular. Sur- Norte. 01-11-22.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: SUR-NORTE		EST: 0+00		Total
							FECHA:	MARTES 01 DE NOVIEMBRE DEL 2022			
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S					
6.00 am	7.00 am	5	0	1	2	1	0	0	0	10	
7.00 am	8.00 am	7	1	0	5	0	1	0	0	14	
8.00 am	9.00 am	6	1	1	0	0	0	0	0	8	
9.00 am	10.00 am	3	0	0	5	0	2	0	0	10	
10.00 am	11.00 am	5	1	0	3	0	0	0	0	9	
11.00 am	12.00 pm	10	1	0	2	0	1	1	0	15	
12.00 pm	1.00 pm	4	1	1	2	0	0	0	0	9	
1.00 pm	2.00 pm	5	1	0	0	0	0	0	0	6	
2.00 pm	3.00 pm	1	1	1	1	0	1	1	0	6	
3.00 pm	4.00 pm	5	1	0	1	0	0	0	0	7	
4.00 pm	5.00 pm	3	0	0	0	0	0	0	0	3	
5.00 pm	6.00 pm	3	0	1	2	1	0	0	0	7	
TOTAL		57	8	5	23	2	4	5	0	0	104

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69 Aforo vehicular. Norte-Sur. 02-11-22.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: NORTE-SUR		EST: 0+00		Total
							FECHA:	MIÉRCOLES 02 DE NOVIEMBRE DEL 2022			
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga		Equipo pesado		Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6.00 am	7.00 am	2	1	1	2	0	0	2	0	1	9
7.00 am	8.00 am	3	1	0	1	0	0	1	1	0	7
8.00 am	9.00 am	4	2	1	3	1	1	1	0	0	13
9.00 am	10.00 am	3	0	0	3	0	0	0	0	0	6
10.00 am	11.00 am	2	2	0	2	1	0	1	0	0	8
11.00 am	12.00 pm	3	1	0	1	0	0	0	0	0	5
12.00 pm	1.00 pm	4	1	1	1	0	1	1	0	0	9
1.00 pm	2.00 pm	5	2	0	0	0	0	0	0	0	7
2.00 pm	3.00 pm	3	1	1	1	0	0	1	0	0	7
3.00 pm	4.00 pm	3	0	0	1	0	0	0	0	0	4
4.00 pm	5.00 pm	4	2	1	1	0	1	1	0	0	10
5.00 pm	6.00 pm	5	1	0	2	0	0	0	0	0	8
TOTAL		41	14	5	18	2	3	8	1	1	93

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70 Aforo vehicular. Sur- Norte. 02-11-22.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: SUR-NORTE		EST: 0+00		Total
							FECHA:	MIERCOLES 02 DE NOVIEMBRE DEL 2022			
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga		Equipo pesado		Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6.00 am	7.00 am	3	1	0	0	1	1	1	0	0	7
7.00 am	8.00 am	5	2	0	5	0	0	-1	0	0	11
8.00 am	9.00 am	4	1	1	5	0	0	1	0	0	12
9.00 am	10.00 am	2	1	0	1	0	0	1	0	0	5
10.00 am	11.00 am	3	2	1	4	0	0	2	0	0	12
11.00 am	12.00 pm	4	1	0	2	0	0	0	0	0	7
12.00 pm	1.00 pm	5	1	0	2	0	0	1	0	0	9
1.00 pm	2.00 pm	3	0	2	1	1	0	0	0	0	7
2.00 pm	3.00 pm	5	1	0	0	0	1	0	0	0	7
3.00 pm	4.00 pm	2	0	0	1	0	0	0	0	1	4
4.00 pm	5.00 pm	2	0	1	1	0	0	1	1	0	6
5.00 pm	6.00 pm	6	1	0	1	0	0	0	0	0	8
TOTAL		44	11	5	23	2	2	6	1	1	95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71 Aforo vehicular. Norte-Sur. 03-11-22.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: NORTE-SUR		EST: 0+00		Total
							FECHA:	JUEVES 03 DE NOVIEMBRE DEL 2022			
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S					
6.00 am	7.00 am	5	1	0	2	1	0	0	1	0	10
7.00 am	8.00 am	9	1	1	1	0	0	1	0	0	13
8.00 am	9.00 am	7	3	0	2	1	0	1	0	1	15
9.00 am	10.00 am	6	1	1	1	0	1	0	0	0	10
10.00 am	11.00 am	4	4	0	2	0	0	0	0	0	10
11.00 am	12.00 pm	8	3	0	3	0	0	1	0	0	15
12.00 pm	1.00 pm	9	1	1	1	0	1	1	0	0	14
1.00 pm	2.00 pm	5	2	0	2	0	0	0	0	0	9
2.00 pm	3.00 pm	4	1	2	1	1	0	1	0	0	10
3.00 pm	4.00 pm	6	1	1	0	0	0	0	0	0	8
4.00 pm	5.00 pm	9	2	2	1	0	0	2	0	0	16
5.00 pm	6.00 pm	6	0	1	0	0	0	0	0	0	7
TOTAL		78	20	9	16	3	2	7	1	1	137

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72 Aforo vehicular. Sur- Norte. 03-11-22.

Aforo vehicular de viabilidad San Nicolás - Comunidad La Puerta							Dirección: SUR-NORTE		EST: 0+00		Total
							FECHA:	JUEVES 03 DE NOVIEMBRE DEL 2022			
Horas		Motocicletas	Vehículos de pasajeros				C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	Total
Inicio	Fin		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S					
6.00 am	7.00 am	3	1	0	1	0	0	0	0	0	5
7.00 am	8.00 am	12	0	0	4	0	1	2	0	0	19
8.00 am	9.00 am	6	1	1	0	0	0	0	0	0	8
9.00 am	10.00 am	5	1	1	3	0	0	2	0	0	12
10.00 am	11.00 am	7	3	0	3	1	0	0	0	0	14
11.00 am	12.00 pm	8	4	1	2	0	0	1	0	0	16
12.00 pm	1.00 pm	5	1	0	2	0	0	0	0	0	8
1.00 pm	2.00 pm	6	1	0	1	0	0	0	0	0	8
2.00 pm	3.00 pm	5	0	1	3	0	0	1	0	0	10
3.00 pm	4.00 pm	4	1	1	0	0	1	0	0	1	8
4.00 pm	5.00 pm	13	1	1	2	0	0	1	1	0	19
5.00 pm	6.00 pm	5	1	0	0	0	0	0	0	0	6
TOTAL		79	15	6	21	1	2	7	1	1	133

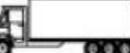
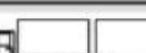
Fuente: Elaboración propia.

Figura 21 Clasificación vehicular.

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, Cuadraciclos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos coupe 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 lina 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	LIVANO 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-Six=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Six=4.
	Tx-Six=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rbx=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rbx=4
	Cx-Rbx=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 (Semoventes).

Fuente: Anuario de aforo de tráfico 2020. Pág. 28.

Figura 22 Diagrama de cargas permisibles (MTI).

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

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (2015).

Tabla 73 Diagrama de cargas permisibles de vehículos livianos.

Tipo de vehículo		Peso por ejes en toneladas	Peso por eje en libras
Automóvil		1 / 1	2200 / 2200
Jeep		1 / 1	2200 / 2200
Camioneta		1 / 2	2200 / 4400
Microbús (15 pasajeros)		2 / 4	4400 / 8800
Minibús (12-30 pasajeros)		4 / 8	8800 / 17600
C2 liviano		4 / 8	8800 / 17600
Bus=C2		5 / 10	11000 / 22000
V C		4 / 6.4	8800 / 14000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (2015).

Tabla 74 Factores equivalentes de cargas para pavimentos flexibles, ejes simples, pt=2.0, SN=5.

Carga por eje		SN		pulg		(mm)	
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.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
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: Diseño de pavimentos AASHTO 93, capítulo 3, pág. 22.

Tabla 75 Factores equivalentes de cargas para pavimentos flexibles, ejes tándem, pt=2.0, SN=5

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

Fuente: Diseño de pavimentos AASHTO 93, capítulo 3, pág. 23.

Tabla 76 Registro del levantamiento del tramo San Nicolás – Comunidad La Puerta.

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1	1429695	571132	1015	BM1
2	1429581,2	571101,132	1013,967	BM2
3	1429603,38	571108,376	1009,027	CL
4	1429688,568	571126,817	1014,005	CL
5	1429686,51	571116,668	1012,649	CL
6	1429649,19	571015,092	1000,295	CL
7	1429692,575	571151,131	1017,336	CL
8	1429710,258	571226,969	1027,072	CL
9	1429707,956	571227,839	1027,166	OI
10	1429707,043	571228,031	1027,006	BO
11	1429706,676	571228,23	1027,254	AN
12	1429705,594	571228,509	1027,269	AN
13	1429699,14	571227,935	1028,18	CE
14	1429707,093	571218,096	1025,934	CL
15	1429708,432	571217,483	1025,893	OD
16	1429704,564	571218,575	1025,981	OI
17	1429703,672	571218,762	1025,812	BO
18	1429703,191	571218,818	1026,039	AN
19	1429701,98	571219,189	1026,072	AN
20	1429697,709	571220,721	1027,771	CE
21	1429704,151	571209,031	1024,79	CL
22	1429706,717	571208,198	1024,711	OD
23	1429701,472	571209,146	1024,806	OI
24	1429700,642	571209,404	1024,628	BO
25	1429700,225	571209,563	1024,899	AN
26	1429699,715	571210,059	1024,949	AN

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
27	1429695,85	571211,37	1025,362	OD
28	1429701,467	571199,866	1023,624	CL
29	1429704,178	571199,115	1023,559	OD
30	1429705,508	571198,694	1023,497	BO
31	1429699,062	571200,49	1023,725	OI
32	1429697,913	571199,429	1023,363	BO
33	1429697,411	571199,427	1023,561	AN
34	1429696,477	571199,698	1023,617	AN
35	1429689,927	571190,123	1023,626	CE
36	1429688,693	571184,783	1023,422	CE
37	1429699,289	571190,356	1022,438	CL
38	1429701,955	571189,858	1022,36	OD
39	1429702,13	571185,454	1021,595	BO
40	1429702,453	571184,862	1021,764	AN
41	1429703,49	571184,378	1021,834	AN
42	1429703,489	571184,371	1021,834	AN
43	1429696,738	571190,772	1022,499	OI
44	1429695,943	571191,085	1022,34	BO
45	1429695,481	571191,142	1022,519	AN
46	1429694,499	571191,256	1022,569	AN
47	1429696,972	571178,128	1020,856	CL
48	1429699,54	571177,506	1020,817	OD
49	1429707,606	571236,432	1027,886	BO
50	1429700,95	571177,115	1020,845	AN
51	1429702,072	571176,896	1020,862	AN
52	1429702,092	571174,826	1021,348	TL
53	1429694,192	571178,313	1020,934	OI
54	1429693,462	571178,483	1020,755	BO
55	1429692,964	571178,408	1020,977	AN

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
56	1429691,789	571178,326	1020,993	AN
57	1429693,988	571159,7	1018,418	CL
58	1429696,729	571159,368	1018,47	OD
59	1429697,844	571159,201	1018,169	BO
60	1429698,343	571159,116	1018,427	AN
61	1429699,495	571158,848	1018,52	AN
62	1429699,593	571158,91	1019,154	TL
63	1429691,338	571159,956	1018,448	OI
64	1429690,426	571159,875	1018,24	BO
65	1429689,854	571159,833	1018,478	AN
66	1429688,737	571159,763	1018,468	AN
67	1429683,404	571154,931	1018,811	CE
68	1429690,7	571139,494	1015,767	CL
69	1429693,223	571138,899	1015,763	OD
70	1429694,618	571138,587	1015,447	BO
71	1429695,146	571138,518	1015,812	AN
72	1429696,189	571138,37	1015,834	AN
73	1429696,468	571138,449	1016,091	CE
74	1429687,852	571139,56	1015,703	OI
75	1429684,96	571139,757	1015,182	BO
76	1429684,392	571139,645	1015,375	AN
77	1429681,024	571141,449	1015,608	CE
78	1429691,198	571126,372	1014,081	OD
79	1429692,678	571126,45	1013,835	BO
80	1429693,151	571126,452	1014,203	AN
81	1429694,262	571126,375	1014,236	AN
82	1429694,28	571124,713	1014,2	CE
83	1429689,023	571115,958	1012,734	OD
84	1429690,384	571115,656	1012,452	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
85	1429690,864	571115,577	1012,809	AN
86	1429691,953	571115,394	1012,86	CE
87	1429683,886	571117,124	1012,573	OI
88	1429682,612	571117,349	1012,596	AN
89	1429676,962	571120,421	1013,163	CE
90	1429680,089	571097,913	1010,29	CL
91	1429682,507	571096,928	1010,349	OD
92	1429683,787	571096,701	1010,108	BO
93	1429684,24	571096,562	1010,482	AN
94	1429685,326	571096,163	1010,496	AN
95	1429686,326	571094,341	1010,638	CE
96	1429677,633	571099,028	1010,222	OI
97	1429676,394	571099,57	1010,251	AN
98	1429675,745	571099,641	1009,439	PE
99	1429672,624	571101,367	1009,345	CE
100	1429675,428	571088,464	1009,176	CL
101	1429677,952	571087,426	1009,259	OD
102	1429679,269	571086,947	1008,971	BO
103	1429679,716	571086,846	1009,306	AN
104	1429680,873	571086,471	1009,337	AN
105	1429682,842	571085,782	1009,577	CE
106	1429680,011	571083,908	1008,686	PT
107	1429673,362	571090,039	1009,124	OI
108	1429672,175	571090,644	1009,141	AN
109	1429672,172	571091,155	1008,758	OD
110	1429668,726	571092,77	1008,626	CE
111	1429669,821	571078,687	1008,022	CL
112	1429672,419	571077,581	1008,067	OD
113	1429673,689	571077,091	1007,779	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
114	1429674,189	571076,906	1008,133	AN
115	1429675,321	571076,552	1008,172	AN
116	1429678,421	571075,328	1008,732	CE
117	1429664,918	571069,275	1006,861	CL
118	1429667,311	571068,403	1006,81	OD
119	1429667,906	571080,315	1008,111	OI
120	1429666,771	571081,007	1008,08	AN
121	1429664,221	571082,423	1007,913	CE
122	1429665,528	571070,568	1007,028	CL
123	1429667,903	571069,488	1006,956	OD
124	1429669,21	571068,919	1006,696	BO
125	1429669,633	571068,735	1007,028	AN
126	1429670,663	571068,248	1007,064	AN
127	1429672,808	571068,542	1008,247	OD
128	1429663,067	571071,616	1007,125	OI
129	1429661,849	571072,106	1007,094	AN
130	1429659,235	571072,76	1007,174	CE
131	1429663,446	571065,828	1006,412	CL
132	1429665,883	571065,013	1006,354	OD
133	1429667,235	571064,618	1006,107	BO
134	1429667,688	571064,509	1006,477	AN
135	1429668,847	571064,273	1006,527	AN
136	1429660,824	571066,758	1006,52	OI
137	1429659,636	571067,088	1006,465	AN
138	1429657,174	571069,114	1006,704	CE
139	1429661,817	571060,972	1005,797	CL
140	1429664,22	571060,302	1005,719	OD
141	1429665,562	571059,817	1005,426	CU
142	1429666,014	571059,663	1005,796	AN

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
143	1429667,067	571059,404	1005,852	AN
144	1429658,956	571061,221	1005,833	OI
145	1429657,673	571061,555	1005,838	AN
146	1429655,041	571060,552	1004,772	CE
147	1429660,308	571055,149	1005,071	CL
148	1429662,97	571054,676	1005,006	OD
149	1429664,164	571054,614	1004,788	BO
150	1429664,619	571054,573	1005,138	AN
151	1429665,461	571054,379	1005,203	AN
152	1429657,301	571055,812	1005,193	OI
153	1429656,125	571056,098	1005,215	AN
154	1429654,27	571056,344	1004,515	OD
155	1429659,583	571050,709	1004,542	CL
156	1429662,201	571050,45	1004,487	OD
157	1429656,454	571050,538	1004,621	OI
158	1429655,174	571050,862	1004,671	AN
159	1429652,987	571050,904	1003,883	CE
160	1429659,103	571044,162	1003,815	CL
161	1429661,914	571045,785	1003,947	OD
162	1429655,794	571045,494	1004,064	OI
163	1429654,636	571045,479	1004,099	AN
164	1429652,158	571045,973	1003,818	CE
165	1429695,173	571129,864	1014,763	PT
166	1429681,914	571136,035	1014,874	PT
167	1429686,497	571157,272	1019,461	PE
168	1429701,808	571179,822	1021,202	PT
169	1429673,742	571134,507	1015,419	ED
170	1429667,478	571134,53	1015,406	ED
171	1429673,915	571147,203	1016,377	ED

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
172	1429679,269	571145,934	1016,387	OD
173	1429678,843	571146,507	1016,415	CL
174	1429678,639	571140,748	1015,594	PT
175	1429678,063	571137,08	1015,146	CL
176	1429675,635	571134,092	1014,983	OI
177	1429667,394	571132,868	1014,785	OD
178	1429680,857	571139,907	1015,365	CE
179	1429680,32	571134,178	1014,529	CE
180	1429675,811	571131,246	1014,085	CE
181	1429667,577	571128,855	1013,618	CE
182	1429661,048	571127,282	1012,855	CE
183	1429658,219	571118,477	1011,663	CE
184	1429644,621	571116,6	1010,732	CE
185	1429665,543	571106,774	1008,703	ED
186	1429654,547	571107,179	1008,99	ED
187	1429665,253	571098,619	1008,995	ED
188	1429669,688	571106,755	1009,308	OD
189	1429669,514	571102,1	1009,274	ED
190	1429669,115	571098,332	1008,778	ED
191	1429662,638	571084,356	1007,834	ED
192	1429670,139	571113,245	1010,581	ED
193	1429662,651	571110,785	1010,045	ED
194	1429654,277	571110,086	1009,507	ED
195	1429685,416	571126,576	1013,833	0+0
196	1429687,039	571134,534	1014,995	OD
197	1429683,964	571118,153	1012,711	OI
198	1429665,807	571122,938	1012,691	0+20
199	1429665,45	571125,352	1012,731	OD
200	1429665,441	571126,492	1012,408	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
201	1429669,149	571127,518	1012,727	BO
202	1429677,403	571130,178	1013,43	BO
203	1429679,438	571131,494	1013,748	BO
204	1429681,505	571133,728	1014,019	BO
205	1429683,424	571136,379	1014,608	BO
206	1429666,237	571120,535	1012,485	OI
207	1429666,049	571119,129	1012,077	CE
208	1429646,103	571119,99	1011,149	0+40
209	1429645,832	571122,272	1011,154	OD
210	1429645,813	571123,644	1010,882	BO
211	1429646,407	571117,681	1010,998	OI
212	1429646,691	571116,856	1010,74	CE
213	1429641,149	571119,365	1010,801	0+45
214	1429640,912	571121,792	1010,796	OD
215	1429641,015	571123,513	1010,512	BO
216	1429641,564	571117,034	1010,651	OI
217	1429640,579	571116,135	1010,118	CE
218	1429636,214	571118,67	1010,421	0+50
219	1429635,857	571121,08	1010,383	OD
220	1429636,52	571116,367	1010,297	OI
221	1429636,701	571115,498	1010,216	CE
222	1429631,333	571117,683	1010,093	0+55
223	1429630,839	571119,956	1010,012	OD
224	1429630,381	571121,525	1009,608	BO
225	1429631,896	571115,447	1010,011	OI
226	1429632,457	571114,44	1009,779	CE
227	1429626,521	571116,303	1009,884	0+60
228	1429625,804	571118,529	1009,705	OD
229	1429625,418	571119,71	1009,267	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
230	1429627,175	571114,073	1009,788	OI
231	1429627,451	571112,765	1009,654	CE
232	1429621,804	571114,668	1009,746	0+65
233	1429621,124	571116,614	1009,597	OD
234	1429620,774	571118,046	1008,928	BO
235	1429622,58	571112,729	1009,676	OI
236	1429616,702	571115,202	1009,594	PE
237	1429618,482	571110,893	1009,685	PE
238	1429611,241	571112,901	1009,867	PE
239	1429614,87	571111,796	1009,791	PE
240	1429615,871	571109,774	1009,738	0+70
241	1429613,949	571114,04	1009,714	0+70
242	1429610,378	571109,661	1009,983	CL
243	1429609,616	571111,456	1010,014	OD
244	1429609,126	571112,303	1009,857	OI
245	1429603,539	571106,602	1010,639	0+90
246	1429602,787	571108,635	1010,578	OD
247	1429602,219	571109,536	1010,48	OI
248	1429490,085	571120,052	1028,211	BM3
249	1429613,196	571108,579	1009,805	PE
250	1429636,147	571123,493	1010,229	CU
251	1429604,476	571104,608	1010,691	OI
252	1429604,82	571103,949	1010,33	CU
253	1429605,103	571103,452	1010,62	CU
254	1429607,377	571098,265	1010,231	PE
255	1429599,022	571104,578	1011,256	CL
256	1429598,089	571106,446	1011,164	OD
257	1429598,542	571108,13	1010,806	OI
258	1429597,194	571108,289	1009,627	CL

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
259	1429594,916	571108,816	1011,202	CL
260	1429600,02	571102,281	1011,338	OI
261	1429600,272	571101,556	1010,982	CU
262	1429600,483	571100,995	1011,285	CU
263	1429603,063	571094,617	1010,995	OD
264	1429597,004	571096,066	1012,29	PE
265	1429594,552	571102,478	1011,971	0+100
266	1429593,542	571104,453	1011,829	OD
267	1429592,933	571105,435	1011,215	CU
268	1429592,558	571105,964	1011,742	CU
269	1429591,99	571107,038	1012,629	TL
270	1429595,774	571100,3	1011,994	OI
271	1429596,013	571099,529	1011,643	CU
272	1429596,197	571098,974	1011,979	CU
273	1429598,601	571091,181	1011,079	CL
274	1429589,959	571100,667	1012,757	0+105
275	1429589,014	571102,924	1012,613	OD
276	1429588,526	571103,972	1012,192	CU
277	1429588,383	571104,44	1012,559	CU
278	1429587,976	571105,362	1013,305	TL
279	1429590,765	571098,387	1012,77	OI
280	1429590,876	571097,623	1012,423	CU
281	1429590,941	571097,027	1012,698	CU
282	1429593,809	571089,894	1011,826	OI
283	1429585,18	571099,461	1013,559	0+110
284	1429584,639	571101,887	1013,387	OD
285	1429584,32	571102,927	1013,011	CU
286	1429584,248	571103,323	1013,328	CU
287	1429584,036	571104,227	1013,896	TL

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
288	1429585,88	571097,086	1013,524	OI
289	1429586,034	571096,442	1013,14	CU
290	1429586,1	571095,879	1013,441	CU
291	1429589,887	571085,507	1013,1	TL
292	1429580,322	571098,516	1014,34	0+115
293	1429579,96	571100,958	1014,18	OD
294	1429579,564	571102,067	1013,904	BO
295	1429579,402	571102,463	1014,143	BO
296	1429579,41	571103,479	1014,75	CL
297	1429580,736	571096,14	1014,298	OI
298	1429580,881	571095,455	1013,9	BO
299	1429580,843	571094,9	1014,283	OD
300	1429581,627	571087,105	1014,83	OD
301	1429575,41	571098,004	1015,084	0+120
302	1429575,265	571100,518	1014,923	OD
303	1429575,177	571101,704	1014,685	BO
304	1429575,035	571102,242	1015,037	BO
305	1429574,851	571103,407	1015,743	CL
306	1429575,587	571095,718	1015,03	OI
307	1429575,615	571095,006	1014,681	BO
308	1429575,597	571094,488	1015,032	BO
309	1429575,175	571089,446	1016,147	OD
310	1429570,464	571098,426	1015,738	0+125
311	1429570,815	571100,845	1015,59	OD
312	1429570,876	571102,152	1015,282	CU
313	1429571,018	571102,683	1015,668	CU
314	1429570,971	571103,811	1016,245	TL
315	1429570,265	571095,852	1015,709	OI
316	1429570,19	571095,147	1015,333	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
317	1429570,166	571094,567	1015,58	CU
318	1429569,39	571092,138	1017,384	CL
319	1429565,553	571099,26	1016,394	0+130
320	1429565,852	571101,731	1016,257	CD
321	1429566,091	571103,097	1015,838	CU
322	1429566,293	571103,537	1015,964	CU
323	1429566,425	571105,042	1016,476	TL
324	1429565,221	571096,663	1016,314	OI
325	1429565,125	571095,998	1015,903	CU
326	1429565,026	571095,465	1016,213	CU
327	1429564,652	571093,358	1017,118	CL
328	1429560,673	571100,228	1017,024	0+135
329	1429561,006	571102,754	1016,913	OD
330	1429561,116	571104,268	1016,559	CU
331	1429561,027	571104,682	1016,773	CU
332	1429560,701	571106,277	1017,563	TL
333	1429560,444	571097,659	1016,933	OI
334	1429560,305	571097,048	1016,622	CU
335	1429559,902	571096,487	1016,995	CU
336	1429559,583	571094,835	1018,228	TL
337	1429541,403	571104,819	1019,766	0+140
338	1429542,004	571107,42	1019,683	OD
339	1429542,129	571108,373	1019,384	CU
340	1429542,282	571108,747	1019,676	CU
341	1429543,194	571110,721	1019,774	TL
342	1429540,884	571102,176	1019,606	OI
343	1429540,81	571101,681	1019,235	CU
344	1429540,52	571101,187	1019,612	CU
345	1429541,042	571098,185	1022,074	OD

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
346	1429522,337	571109,971	1022,736	0+160
347	1429522,922	571112,413	1022,698	OD
348	1429523,063	571113,137	1022,372	CU
349	1429521,784	571107,487	1022,606	OI
350	1429521,578	571106,811	1022,243	CU
351	1429521,429	571106,251	1022,557	CU
352	1429490,077	571120,057	1028,197	OD
353	1429604,242	571110,759	1008,41	CU
354	1429603,723	571111,608	1008,156	OI
355	1429608,563	571112,515	1007,896	CU
356	1429608,294	571113,807	1007,623	CU
357	1429614,161	571115,464	1006,261	CL
358	1429617,021	571116,851	1007,002	OD
359	1429615,66	571117,644	1007,593	OI
360	1429348,575	571201,248	1048,908	BM4
361	1429517,611	571111,405	1023,714	0+165
362	1429512,906	571112,876	1024,54	0+170
363	1429508,27	571114,54	1025,354	0+175
364	1429503,691	571116,418	1026,172	0+180
365	1429499,179	571118,425	1026,951	0+185
366	1429494,708	571120,526	1027,777	0+190
367	1429477,068	571129,349	1030,995	0+210
368	1429523,11	571112,303	1022,651	OD
369	1429523,303	571113,028	1022,306	CU
370	1429523,454	571113,546	1022,62	CU
371	1429523,437	571114,355	1023,367	TL
372	1429521,667	571107,592	1022,623	OI
373	1429521,319	571106,861	1022,27	BO
374	1429521,066	571106,422	1022,586	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
375	1429520,789	571105,198	1023,425	TL
376	1429520,774	571105,205	1023,428	TL
377	1429518,331	571113,808	1023,518	OD
378	1429518,293	571114,527	1023,208	CU
379	1429518,547	571115,024	1023,528	CU
380	1429518,715	571115,795	1025,208	TL
381	1429516,845	571108,943	1023,432	OI
382	1429516,501	571108,376	1023,187	CU
383	1429516,265	571107,82	1023,404	CU
384	1429514,959	571105,463	1024,367	PE
385	1429513,653	571115,366	1024,38	OD
386	1429513,884	571115,967	1023,999	CU
387	1429514,034	571116,511	1024,357	CU
388	1429513,902	571117,747	1025,842	OD
389	1429512,168	571110,368	1024,184	OI
390	1429511,836	571109,81	1023,98	BO
391	1429511,681	571109,348	1024,236	BO
392	1429509,181	571117,003	1025,164	OD
393	1429509,201	571117,663	1024,813	BO
394	1429509,383	571118,208	1025,156	BO
395	1429509,485	571119,236	1026,718	CL
396	1429507,311	571112,184	1025,022	OI
397	1429506,897	571111,64	1024,839	BO
398	1429506,681	571111,054	1024,989	BO
399	1429504,665	571118,797	1025,971	OD
400	1429504,83	571119,484	1025,64	BO
401	1429504,949	571120,006	1025,982	BO
402	1429505,827	571123,08	1028,114	CE
403	1429502,82	571114,047	1025,859	OI

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
404	1429502,491	571113,44	1025,57	BO
405	1429502,256	571112,897	1025,838	BO
406	1429500,21	571120,831	1026,781	OD
407	1429500,356	571121,496	1026,447	BO
408	1429500,535	571122,03	1026,766	BO
409	1429501,109	571125,092	1028,653	CE
410	1429498,211	571116,117	1026,691	OI
411	1429497,81	571115,545	1026,494	BO
412	1429497,677	571114,964	1026,693	BO
413	1429495,81	571122,814	1027,592	OD
414	1429495,968	571123,523	1027,249	BO
415	1429496,211	571123,954	1027,579	BO
416	1429497,859	571126,913	1028,792	CE
417	1429493,851	571118,021	1027,491	OI
418	1429493,486	571117,546	1027,204	BO
419	1429493,215	571117,063	1027,56	BO
420	1429478,208	571131,677	1030,865	OD
421	1429478,45	571132,239	1030,808	BO
422	1429478,744	571132,772	1030,97	CU
423	1429481,017	571136,604	1032,911	CE
424	1429492,071	571134,459	1032,703	BM5
425	1429475,669	571127,113	1030,736	OI
426	1429475,42	571126,505	1030,425	BO
427	1429475,195	571125,963	1030,736	BO
428	1429472,641	571131,663	1031,636	0+215
429	1429473,904	571133,923	1031,643	OD
430	1429474,182	571134,569	1031,584	BO
431	1429474,38	571135,165	1031,806	BO
432	1429477,377	571138,557	1033,32	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
433	1429505,939	571131,208	1030,165	CE
434	1429501,428	571125,019	1028,735	CE
435	1429498,109	571131,959	1031,727	CE
436	1429486,87	571139,638	1033,478	CE
437	1429479,455	571143,189	1034,923	CE
438	1429471,555	571129,326	1031,45	OI
439	1429471,183	571128,828	1031,181	BO
440	1429471,08	571128,308	1031,504	BO
441	1429468,314	571134,058	1032,426	0+220
442	1429469,748	571136,337	1032,424	OD
443	1429470,011	571136,968	1032,333	BO
444	1429470,285	571137,538	1032,482	BO
445	1429473,105	571141,025	1034,979	CE
446	1429475,559	571144,617	1035,749	CE
447	1429467,205	571131,818	1032,249	OI
448	1429466,877	571131,329	1031,947	BO
449	1429466,722	571130,933	1032,288	BO
450	1429451,303	571144,083	1035,151	0+240
451	1429452,677	571146,39	1035,157	OD
452	1429453,091	571147,119	1035,057	BO
453	1429453,391	571147,543	1035,233	BO
454	1429454,762	571150,256	1037,428	CE
455	1429450,172	571142,037	1035,05	OI
456	1429449,863	571141,521	1034,746	BO
457	1429449,634	571141,142	1035,029	BO
458	1429433,636	571153,224	1037,564	0+260
459	1429434,513	571154,985	1037,529	OD
460	1429434,549	571154,963	1037,522	OD
461	1429435,332	571156,062	1037,461	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
462	1429435,659	571156,88	1037,539	BO
463	1429437,772	571158,262	1037,56	AC
464	1429434,305	571160,01	1037,717	AC
465	1429432,713	571151,201	1037,501	OI
466	1429432,376	571150,627	1037,158	BO
467	1429432,027	571150,242	1037,507	OD
468	1429431,367	571158,759	1037,954	BM6
469	1429442,777	571143,343	1036,494	PE
470	1429437,514	571148,855	1036,864	AL
471	1429438,444	571150,835	1036,983	AL
472	1429439,346	571152,681	1036,931	AL
473	1429439,992	571153,277	1035,834	AL
474	1429436,919	571147,938	1035,579	AL
475	1429441,153	571156,808	1038,007	CE
476	1429452,328	571156,097	1036,823	OD
477	1429457,46	571151,486	1037,215	CL
478	1429441,087	571161,896	1037,284	CL
479	1429432,222	571165,296	1038,769	AL
480	1429428,557	571168,693	1040,119	CL
481	1429424,682	571164,706	1039,738	CL
482	1429416,101	571162,541	1039,674	0+280
483	1429416,812	571163,985	1039,601	OD
484	1429417,202	571164,95	1039,276	CU
485	1429418,688	571167,581	1040,938	CE
486	1429415,254	571160,523	1039,665	OI
487	1429414,992	571160,046	1039,257	CU
488	1429414,349	571157,848	1040,366	CE
489	1429427,537	571150,472	1038,359	CE
490	1429413,09	571170,339	1040,942	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
491	1429423,68	571168,503	1040,756	OD
492	1429421,518	571170,727	1040,779	OI
493	1429398,41	571171,524	1042,087	0+300
494	1429399,45	571173,477	1041,963	OD
495	1429399,945	571174,309	1041,736	CU
496	1429400,893	571176,572	1042,315	CE
497	1429397,2	571169,518	1041,935	OI
498	1429396,637	571168,805	1041,474	CU
499	1429396,568	571167,191	1042,626	CE
500	1429348,628	571201,318	1048,793	BM4-2
501	1429380,618	571180,403	1044,185	0+320
502	1429379,498	571178,451	1043,948	OD
503	1429379,18	571177,881	1043,949	CU
504	1429378,976	571177,325	1044,212	CU
505	1429377,996	571175,985	1044,915	OD
506	1429381,916	571182,417	1044,133	OI
507	1429382,134	571182,977	1044,011	CU
508	1429382,363	571183,549	1044,304	CU
509	1429383,021	571184,422	1044,872	OI
510	1429363,975	571191,256	1046,282	0+340
511	1429362,796	571189,864	1046,248	OD
512	1429365,293	571192,816	1046,12	OI
513	1429365,262	571193,494	1045,709	CU
514	1429365,374	571193,821	1046,273	CU
515	1429365,672	571195,205	1047,427	CL
516	1429362,329	571189,427	1045,866	OI
517	1429348,755	571203,969	1049,164	0+360
518	1429346,728	571202,195	1048,957	OD
519	1429346,355	571201,827	1048,381	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
520	1429345,89	571201,422	1049,137	CU
521	1429349,983	571195,974	1049,006	CE
522	1429345,249	571200,356	1049,858	CE
523	1429317,632	571270,378	1056,434	BM7
524	1429350,425	571205,687	1048,926	OI
525	1429350,892	571206,357	1048,6	CU
526	1429345,546	571207,711	1049,911	0+365
527	1429352,467	571207,722	1050,384	CE
528	1429343,394	571205,814	1049,707	OD
529	1429342,81	571205,271	1049,098	CU
530	1429347,166	571208,915	1049,75	OI
531	1429341,631	571204,061	1050,653	CE
532	1429347,986	571209,575	1049,466	CU
533	1429342,75	571211,811	1050,667	0+370
534	1429350,234	571211,674	1052,208	CE
535	1429340,175	571210,182	1050,448	OD
536	1429344,664	571212,843	1050,503	OI
537	1429339,483	571209,79	1050,03	CU
538	1429345,612	571213,476	1049,702	CU
539	1429348,043	571214,92	1053,511	CE
540	1429338,673	571208,872	1051,118	CE
541	1429340,133	571216,017	1051,334	0+375
542	1429342,182	571217,076	1051,086	OI
543	1429337,854	571214,903	1051,192	OD
544	1429342,992	571217,506	1050,407	CU
545	1429337,281	571214,565	1050,925	CU
546	1429346,684	571218,665	1055,28	CE
547	1429335,147	571213,338	1052,962	CE
548	1429337,957	571220,44	1051,989	0+380

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
549	1429335,776	571219,322	1051,855	OD
550	1429345,004	571224,198	1056,443	CE
551	1429335,047	571219,158	1051,8	CU
552	1429339,876	571221,294	1051,78	OI
553	1429340,566	571221,804	1051,278	CU
554	1429336,1	571225,05	1052,561	0+385
555	1429338,087	571226,028	1052,3	OI
556	1429338,699	571226,324	1052,098	CU
557	1429341,994	571228,36	1055,736	CE
558	1429333,996	571224,074	1052,284	OD
559	1429333,403	571223,601	1052,293	CU
560	1429329,848	571243,913	1054,652	0+405
561	1429331,199	571244,513	1054,571	OI
562	1429331,527	571222,843	1053,926	CE
563	1429327,539	571242,882	1054,272	OD
564	1429331,991	571244,663	1054,335	CU
565	1429327,118	571242,616	1054,086	CU
566	1429334,281	571245,315	1055,625	CE
567	1429324,367	571242,266	1057,064	CE
568	1429323,122	571262,646	1056,046	0+425
569	1429321,034	571261,896	1055,917	OD
570	1429320,173	571261,77	1055,728	CU
571	1429317,333	571259,655	1057,917	CE
572	1429324,712	571263,415	1055,988	OI
573	1429325,329	571263,899	1055,927	CU
574	1429327,043	571264,656	1056,491	CE
575	1429334,131	571265,251	1054,083	CE
576	1429332,752	571276,093	1053,93	OI
577	1429329,107	571286,179	1053,988	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
578	1429315,821	571281,235	1057,094	0+445
579	1429313,644	571280,234	1057,08	OD
580	1429312,97	571279,882	1056,97	BO
581	1429309,147	571277,309	1057,501	CE
582	1429309,067	571278,635	1057,465	PE
583	1429317,484	571281,933	1057,07	OI
584	1429318,074	571282,018	1056,937	BO
585	1429320,311	571282,922	1056,862	CE
586	1429305,524	571326,939	1062,272	BM8
587	1429309,675	571300,227	1058,62	0+465
588	1429311,43	571300,492	1058,623	OI
589	1429312,005	571300,569	1058,496	BO
590	1429314,677	571300,931	1058,159	CE
591	1429307,622	571299,563	1058,587	OD
592	1429306,966	571299,481	1058,565	BO
593	1429304,41	571299,096	1059,451	CE
594	1429308,645	571305,079	1059,106	0+470
595	1429310,771	571305,371	1059,035	OI
596	1429311,407	571305,438	1058,868	BO
597	1429314,245	571305,628	1058,656	CE
598	1429306,708	571304,595	1059,097	OD
599	1429306,05	571304,362	1059,128	BO
600	1429302,843	571303,138	1059,895	CE
601	1429308,384	571309,975	1059,685	0+475
602	1429310,004	571310,089	1059,499	OI
603	1429310,577	571310,133	1059,402	BO
604	1429313,531	571311,357	1059,801	CE
605	1429306,111	571309,413	1059,599	OD
606	1429305,637	571309,171	1059,579	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
607	1429303,319	571308,429	1060,777	CE
608	1429322,831	571272,874	1056,688	BM9
609	1429318,967	571417,922	1076,353	BM10
610	1429315,562	571429,25	1077,356	BM11
611	1429316,273	571428,144	1076,98	PT
612	1429307,247	571329,727	1062,744	0+495
613	1429304,902	571329,845	1062,762	OD
614	1429304,327	571329,936	1062,627	CU
615	1429303,884	571329,992	1062,848	OI
616	1429299,749	571330,045	1063,41	CE
617	1429309,435	571329,733	1062,673	OI
618	1429309,926	571329,657	1062,621	BO
619	1429310,498	571329,883	1062,863	CL
620	1429313,373	571330,423	1062,37	CE
621	1429307,562	571349,361	1066,451	0+515
622	1429305,23	571349,445	1066,287	OD
623	1429304,582	571349,502	1066,151	BO
624	1429304,215	571349,549	1066,434	CE
625	1429309,666	571349,319	1066,347	OI
626	1429310,205	571349,298	1066,354	CU
627	1429310,644	571349,186	1066,567	OI
628	1429314,348	571348,832	1067,41	CE
629	1429309,792	571368,934	1069,794	0+535
630	1429307,773	571369,111	1069,743	OD
631	1429306,942	571369,091	1069,615	CU
632	1429306,276	571368,263	1069,695	CU
633	1429311,42	571368,523	1069,701	OI
634	1429312,192	571368,081	1069,66	CU
635	1429313,223	571367,766	1070,349	OD

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
636	1429313,448	571370,638	1070,794	PT
637	1429314,943	571364,702	1069,766	CE
638	1429312,686	571388,384	1072,442	0+555
639	1429314,464	571387,905	1072,414	OI
640	1429315,133	571387,388	1072,449	CU
641	1429316,182	571387,247	1072,747	OI
642	1429310,575	571388,634	1072,365	OD
643	1429309,819	571389,007	1072,334	CU
644	1429314,228	571364,31	1069,774	BM12
645	1429299,604	571345,502	1068,736	CE
646	1429327,567	571317,316	1057,15	CU
647	1429298,942	571352,108	1071,002	OI
648	1429323,639	571331,732	1060,768	OD
649	1429301,715	571355,796	1070,709	CE
650	1429323,12	571343,586	1063,838	OD
651	1429302,664	571363,924	1071,196	CE
652	1429303,422	571369,041	1071,662	CE
653	1429322,895	571350,367	1065,024	OI
654	1429304,989	571382,712	1072,678	CE
655	1429352,073	571370,644	1062,259	CE
656	1429298,998	571386,74	1074,294	CU
657	1429300,188	571376,756	1073,351	OI
658	1429327,583	571358,993	1066,277	OD
659	1429327,021	571365,474	1067,882	CE
660	1429297,309	571371,391	1072,455	OD
661	1429322,742	571377,223	1070,473	CE
662	1429331,826	571376,364	1068,713	CE
663	1429332,64	571366,414	1067,034	OI
664	1429332,918	571381,356	1069,042	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
665	1429315,444	571372,929	1071,118	LC
666	1429291,137	571354,094	1074,984	OI
667	1429286,736	571360,549	1075,797	OD
668	1429276,84	571358,62	1080,672	CE
669	1429281,829	571349,675	1078,225	OD
670	1429287,361	571344,464	1074,068	CE
671	1429295,02	571349,709	1072,077	CE
672	1429294,868	571345,219	1070,565	OI
673	1429225,25	571504,955	1071,385	BM13
674	1429225,607	571501,521	1070,918	BM14
675	1429224,562	571502,879	1070,993	COL
676	1429227,038	571500,062	1071,052	COL
677	1429315,248	571408,136	1075,217	0+575
678	1429313,524	571408,052	1075,155	OD
679	1429312,785	571408,032	1075,087	CU
680	1429317,641	571408,116	1075,252	OI
681	1429318,32	571408,298	1075,297	CU
682	1429320,356	571408,63	1075,998	CE
683	1429315,461	571413,119	1075,819	0+580
684	1429313,244	571412,894	1075,771	OD
685	1429312,417	571412,98	1075,767	CU
686	1429318,396	571413,226	1075,892	CU
687	1429319,931	571414,723	1076,549	CE
688	1429317,462	571413,306	1075,783	OI
689	1429314,588	571417,985	1076,187	0+585
690	1429312,433	571417,546	1076,051	OD
691	1429310,571	571417,134	1076,442	OD
692	1429311,347	571412,797	1076,326	CU
693	1429311,502	571408,176	1075,694	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
694	1429316,751	571418,777	1076,114	OI
695	1429317,399	571418,925	1076,223	CU
696	1429319,433	571419,387	1076,419	CE
697	1429312,973	571422,709	1076,435	0+590
698	1429311,314	571422,291	1076,203	OD
699	1429310,559	571422,093	1076,165	CU
700	1429309,44	571421,617	1076,623	OI
701	1429295,065	571435,37	1083,473	BM15
702	1429305,657	571420,282	1079,235	CE
703	1429315,201	571423,52	1076,432	OI
704	1429306,512	571415,913	1079,681	CE
705	1429316,088	571424,297	1076,622	CU
706	1429307,599	571408,382	1078,942	CE
707	1429318,576	571423,792	1076,225	CE
708	1429306,798	571399,296	1076,747	CE
709	1429301,139	571418,435	1080,01	OI
710	1429297,374	571422,434	1081,535	CE
711	1429311,275	571427,406	1076,667	0+595
712	1429309,555	571426,636	1076,41	OD
713	1429309,131	571426,385	1076,371	CU
714	1429307,044	571425,71	1077,165	CL
715	1429313,302	571428,422	1076,745	OI
716	1429314,098	571428,33	1076,717	CU
717	1429308,933	571431,847	1076,806	0+600
718	1429306,716	571430,581	1076,594	OD
719	1429311,112	571432,961	1076,892	OI
720	1429306,325	571430,008	1076,679	CU
721	1429303,642	571429,178	1078,033	CE
722	1429311,811	571433,232	1076,897	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
723	1429314,132	571434,194	1077,649	CE
724	1429306,542	571436,213	1076,859	0+605
725	1429308,583	571437,577	1076,935	OD
726	1429309,42	571438,06	1076,962	CU
727	1429311,585	571438,925	1078,1	CE
728	1429304,57	571434,953	1076,61	OI
729	1429303,752	571434,355	1076,681	CU
730	1429301,873	571433,407	1077,414	CE
731	1429303,841	571440,473	1076,701	0+610
732	1429301,825	571438,993	1076,464	OD
733	1429300,969	571438,308	1076,588	CU
734	1429298,898	571437,105	1077,377	OD
735	1429305,522	571442,137	1076,786	OI
736	1429306,566	571442,715	1076,749	CU
737	1429309,19	571443,381	1078,508	CE
738	1429300,87	571444,424	1076,393	0+615
739	1429302,183	571445,973	1076,486	OI
740	1429299,373	571442,99	1076,161	OD
741	1429298,903	571442,517	1076,177	CU
742	1429298,3	571441,949	1076,281	OD
743	1429296,319	571439,674	1077,273	CU
744	1429303,05	571446,789	1076,407	CU
745	1429297,26	571447,939	1075,93	0+620
746	1429296,093	571446,241	1075,812	OD
747	1429295,445	571445,766	1075,781	CU
748	1429295,132	571445,359	1076,181	OD
749	1429292,114	571442,927	1077,667	CU
750	1429298,528	571449,713	1076,008	OI
751	1429298,952	571450,179	1075,933	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
752	1429293,553	571451,07	1075,457	0+625
753	1429292,241	571449,784	1075,314	OD
754	1429291,816	571449,18	1075,235	CU
755	1429291,12	571448,236	1076,023	OI
756	1429288,947	571445,046	1077,665	CU
757	1429294,747	571452,714	1075,499	OI
758	1429295,261	571453,311	1075,428	CU
759	1429329,794	571432,968	1077,074	CE
760	1429344,267	571427,657	1071,124	CL
761	1429355,675	571416,974	1068,849	CE
762	1429334,377	571397,111	1070,143	CE
763	1429368,615	571179,856	1045,186	BM16
764	1429366,333	571183,056	1046,337	CE
765	1429373,559	571177,419	1045,209	CE
766	1429363,817	571175,762	1045,567	CL
767	1429365,099	571173,771	1046,289	CE
768	1429361,23	571175,884	1046,383	CE
769	1429357,649	571169,338	1046,19	CL
770	1429356,046	571170,384	1046,46	CE
771	1429357,794	571167,428	1047,17	CE
772	1429348,929	571160,984	1047,03	CL
773	1429350,617	571159,996	1047,132	CE
774	1429347,898	571162,746	1047,217	CE
775	1429342,373	571155,455	1047,311	CL
776	1429337,396	571149,879	1047,238	CL
777	1429343,928	571153,415	1047,234	CE
778	1429340,429	571156,353	1047,499	CE
779	1429334,228	571151,086	1047,366	CE
780	1429339,986	571149,412	1047,154	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
781	1429329,897	571141,236	1047,736	CE
782	1429331,026	571143,781	1047,525	CE
783	1429328,742	571138,55	1047,729	CE
784	1429404,565	571182,452	1042,545	CE
785	1429385,745	571188,084	1047,259	CL
786	1429397,952	571186,475	1043,506	CE
787	1429385,803	571189,745	1046,31	CE
788	1429383,204	571191,516	1047,51	CL
789	1429409,282	571174,579	1041,567	ED
790	1429413,792	571172,063	1041,562	ED
791	1429379,64	571194,444	1047,397	CL
792	1429412,272	571179,796	1041,652	ED
793	1429396,741	571202,546	1051,558	CL
794	1429400,806	571176,651	1042,348	CE
795	1429405,842	571197,461	1049,797	CL
796	1429389,913	571207,428	1050,068	CE
797	1429362,449	571221,703	1051,552	CE
798	1429361,814	571180,72	1047,931	CL
799	1429368,972	571172,695	1045,945	CE
800	1429299,776	571425,958	1082,254	CE
801	1429296,173	571425,35	1083,516	CL
802	1429290,863	571426,383	1086,148	CL
803	1429309,216	571446,279	1079,428	CE
804	1429308,87	571451,766	1079,704	ED
805	1429314,668	571458,064	1080,715	ED
806	1429302,538	571457,7	1078,563	ED
807	1429286,929	571425,359	1087,018	CL
808	1429282,405	571424,363	1088,185	CE
809	1429280,495	571426,193	1087,859	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
810	1429281,686	571429,444	1086,562	CL
811	1429281,553	571432,046	1085,158	CE
812	1429281,326	571434,265	1083,202	CE
813	1429282,875	571437,726	1081,995	CL
814	1429308,496	571463,918	1079,055	ED
815	1429282,83	571441,413	1080,108	CL
816	1429287,703	571442,935	1080,648	OD
817	1429289,077	571441,327	1080,569	CE
818	1429305,056	571449,591	1079,237	CE
819	1429292,507	571440,254	1082,003	CE
820	1429299,251	571454,571	1077,993	CE
821	1429294,497	571439,351	1082,26	CE
822	1429298,414	571452,928	1077,083	PE
823	1429297,198	571436,733	1082,888	CE
824	1429304,555	571468,671	1078,39	OI
825	1429302,671	571430,298	1081,652	CE
826	1429289,431	571483,741	1077,671	CE
827	1429277,074	571496,284	1078,201	CE
828	1429285,707	571445,657	1078,902	CL
829	1429262,982	571511,276	1077,413	ED
830	1429281,632	571445,242	1078,188	CL
831	1429252,886	571506,2	1074,425	OD
832	1429276,455	571448,733	1076,171	CE
833	1429264,372	571492,937	1074,78	CE
834	1429276,782	571480,848	1075,594	CE
835	1429285,236	571472,301	1075,824	CE
836	1429300,368	571460,484	1078,11	CE
837	1429325,115	571463,889	1085,687	ED
838	1429320,961	571479,926	1081,271	CL

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
839	1429316,012	571485,529	1080,998	OD
840	1429307,7	571475,701	1078,917	CE
841	1429284,247	571465,167	1075,851	CE
842	1429276,482	571470,477	1074,675	CE
843	1429269,85	571475,179	1074,045	CE
844	1429264,347	571478,344	1073,368	PE
845	1429264,621	571478,84	1073,403	CE
846	1429276,744	571455,283	1074,961	CE
847	1429258,11	571483,737	1072,847	CE
848	1429251,077	571490,909	1072,674	CE
849	1429289,554	571454,11	1074,977	0+630
850	1429288,427	571452,158	1074,868	OI
851	1429288,168	571451,735	1074,954	CU
852	1429287,712	571450,88	1075,26	CU
853	1429290,613	571455,669	1075,008	OD
854	1429291,031	571456,135	1074,939	CU
855	1429291,379	571456,45	1075,315	CU
856	1429272,999	571465,185	1073,464	0+650
857	1429272,008	571463,063	1073,465	OI
858	1429271,388	571461,844	1073,658	CU
859	1429274,025	571466,796	1073,514	OD
860	1429274,414	571467,214	1073,369	CU
861	1429274,848	571467,803	1073,692	CU
862	1429257,071	571477,209	1072,49	0+670
863	1429258,406	571478,696	1072,471	OD
864	1429258,726	571479,133	1072,396	CU
865	1429259,242	571479,636	1072,33	CU
866	1429184,532	571598,063	1074,609	BM17
867	1429271,17	571462,74	1073,368	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
868	1429269,399	571460,32	1073,806	CE
869	1429255,549	571475,588	1072,453	OI
870	1429255,079	571475,044	1072,395	CU
871	1429254,463	571474,435	1072,44	CU
872	1429252,898	571473,234	1072,204	CE
873	1429256,886	571470,43	1072,859	PE
874	1429253,343	571480,524	1072,292	0+675
875	1429254,261	571481,597	1072,244	OD
876	1429252,068	571479,159	1072,232	OI
877	1429254,986	571482,949	1072,133	CU
878	1429255,185	571483,17	1072,135	CU
879	1429251,496	571478,505	1072,202	CU
880	1429251,027	571477,903	1072,223	CU
881	1429249,676	571476,723	1072,198	CL
882	1429249,669	571483,878	1072,131	0+680
883	1429250,474	571485,134	1072,096	OD
884	1429251,006	571485,808	1072,042	CU
885	1429251,683	571486,323	1072,056	CU
886	1429248,279	571482,389	1072,091	OI
887	1429247,858	571482,03	1072,082	CU
888	1429247,266	571481,389	1072,074	CU
889	1429246,232	571480,53	1072,19	CE
890	1429236,206	571498,621	1071,766	0+700
891	1429237,371	571499,691	1071,76	OD
892	1429238,158	571500,57	1071,647	CU
893	1429238,517	571501,217	1071,918	CU
894	1429240,568	571502,466	1072,722	CE
895	1429234,629	571497,227	1071,768	OI
896	1429234,014	571496,622	1071,726	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
897	1429233,322	571496,059	1071,626	CU
898	1429232,428	571494,65	1071,672	CE
899	1429223,128	571513,799	1071,86	0+720
900	1429224,35	571514,906	1071,865	OD
901	1429224,996	571515,58	1071,712	CU
902	1429225,524	571516,144	1071,818	CU
903	1429221,759	571512,672	1071,857	OI
904	1429220,687	571512,175	1071,776	CU
905	1429220,025	571511,484	1071,646	CU
906	1429219,071	571510,944	1071,698	CE
907	1429219,893	571517,732	1071,908	0+725
908	1429221,176	571518,889	1071,947	OD
909	1429221,789	571519,302	1071,851	CU
910	1429222,517	571519,874	1071,843	CU
911	1429223,53	571521,413	1072,749	CE
912	1429218,252	571516,626	1071,918	OI
913	1429217,385	571516,004	1071,783	CU
914	1429216,912	571515,599	1071,682	CU
915	1429214,975	571517,055	1071,712	CE
916	1429216,782	571521,595	1071,942	0+730
917	1429218,225	571522,677	1071,94	OD
918	1429219,074	571523,536	1071,78	CU
919	1429219,887	571523,984	1071,851	CU
920	1429215,207	571520,723	1071,953	OI
921	1429221,634	571524,551	1073,197	CE
922	1429213,959	571520,113	1071,8	CU
923	1429213,615	571519,605	1071,749	CU
924	1429213,407	571519,078	1071,797	CE
925	1429214,064	571525,783	1071,969	0+735

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
926	1429215,854	571526,853	1071,91	OD
927	1429216,721	571527,444	1071,701	CU
928	1429217,525	571527,95	1071,873	CU
929	1429212,471	571524,578	1071,989	OI
930	1429211,585	571524,173	1071,883	CU
931	1429210,754	571523,671	1071,828	CU
932	1429218,949	571528,444	1072,862	CE
933	1429211,667	571530,1	1071,986	0+740
934	1429213,737	571530,973	1071,897	OD
935	1429214,453	571531,309	1071,856	CU
936	1429215,206	571531,643	1071,933	CU
937	1429217,208	571532,492	1072,844	CE
938	1429209,833	571529,07	1071,999	OI
939	1429208,66	571528,574	1071,86	CU
940	1429207,891	571528,052	1071,756	CU
941	1429206,542	571528,495	1071,764	CE
942	1429209,392	571534,539	1071,998	0+745
943	1429211,214	571535,385	1071,952	OD
944	1429212,063	571535,689	1071,85	CU
945	1429212,893	571535,975	1071,988	CU
946	1429220,805	571498,061	1069,751	CE
947	1429212,928	571491,831	1067,715	OI
948	1429205,096	571485,584	1065,58	CU
949	1429185,547	571470,57	1060,511	CU
950	1429213,845	571536,54	1072,143	CE
951	1429207,474	571533,607	1072,001	OI
952	1429206,361	571533,004	1071,786	CU
953	1429205,6	571532,556	1071,743	CU
954	1429204,002	571531,974	1071,642	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
955	1429207,508	571539,1	1072,022	0+750
956	1429209,131	571539,966	1071,996	OD
957	1429210,001	571540,402	1071,936	CU
958	1429210,777	571541,028	1072,035	CU
959	1429212,161	571540,849	1072,255	CE
960	1429205,746	571538,446	1071,988	OI
961	1429204,391	571537,95	1071,901	CU
962	1429203,409	571537,481	1071,872	CU
963	1429201,698	571536,945	1071,601	CE
964	1429202,204	571558,327	1072,279	0+770
965	1429203,706	571559,318	1072,308	OD
966	1429200,365	571557,696	1072,152	OI
967	1429199,809	571557,408	1072,061	CU
968	1429199,039	571556,994	1072,019	CU
969	1429194,92	571554,043	1071,236	PE
970	1429193,875	571554,067	1071,144	CE
971	1429199,972	571558,709	1072,09	AL
972	1429199,68	571560,363	1072,184	AL
973	1429199,339	571559,611	1071,003	CLAL
974	1429196,924	571559,577	1070,801	CL
975	1429234,215	571504,12	1071,672	AL
976	1429229,799	571498,962	1071,411	AL
977	1429228,772	571500,019	1071,458	AL
978	1429118,526	571659,808	1076,805	BM18
979	1429205,063	571558,772	1071,986	CU
980	1429205,751	571558,831	1072,055	CU
981	1429204,567	571559,44	1072,091	AL
982	1429204,24	571560,872	1072,137	AL
983	1429205,393	571567,546	1072,923	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
984	1429190,804	571571,998	1070,375	CE
985	1429191,952	571575,716	1072,024	AL
986	1429188,513	571579,901	1070,592	CE
987	1429197,139	571577,61	1072,955	0+790
988	1429191,808	571579,225	1072,422	CL
989	1429199,034	571578,228	1073,009	OD
990	1429199,917	571578,45	1072,822	CU
991	1429200,407	571578,691	1073,028	CU
992	1429195,145	571577,046	1072,873	OI
993	1429194,26	571576,444	1072,743	CU
994	1429193,643	571576,089	1072,793	OD
995	1429201,245	571579,036	1073,32	CE
996	1429195,797	571582,505	1073,296	0+795
997	1429193,924	571581,908	1073,211	OI
998	1429192,809	571581,257	1073,047	OD
999	1429191,254	571580,704	1072,714	CL
1000	1429197,116	571583,237	1073,284	OD
1001	1429197,837	571583,616	1073,221	CU
1002	1429198,674	571583,872	1073,364	CU
1003	1429199,602	571584,475	1073,742	CE
1004	1429194,187	571587,158	1073,78	0+800
1005	1429192,253	571586,421	1073,488	OI
1006	1429191,686	571586,092	1073,61	CU
1007	1429191,011	571585,701	1073,551	OD
1008	1429189,802	571585,315	1073,391	OI
1009	1429195,372	571587,958	1073,709	OD
1010	1429195,912	571588,509	1073,627	CU
1011	1429196,282	571589,121	1074,004	CU
1012	1429186,336	571583,594	1070,86	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1013	1429196,792	571589,845	1074,495	CE
1014	1429191,974	571591,604	1074,282	0+805
1015	1429193,15	571592,534	1074,282	OD
1016	1429193,537	571592,799	1074,278	CU
1017	1429194,005	571593,178	1074,516	CU
1018	1429190,639	571591,041	1074,111	OI
1019	1429190,248	571590,611	1073,951	CU
1020	1429194,487	571594,246	1075,024	CE
1021	1429189,7	571590,274	1074,103	OD
1022	1429187,535	571589,704	1073,86	CU
1023	1429186,788	571590,205	1072,926	CU
1024	1429189,326	571595,851	1074,604	0+810
1025	1429184,092	571587,968	1071,393	CE
1026	1429190,588	571596,862	1074,648	OD
1027	1429187,593	571594,557	1074,301	OI
1028	1429186,672	571594,243	1074,261	CE
1029	1429185,636	571593,607	1074,225	CE
1030	1429190,184	571598,169	1074,716	CU
1031	1429186,018	571599,518	1074,791	0+815
1032	1429192,133	571598,745	1076,58	CE
1033	1429187,361	571601,008	1074,857	OD
1034	1429187,535	571601,394	1074,827	CU
1035	1429188,143	571601,68	1075,079	CU
1036	1429180,002	571594,112	1072,135	CE
1037	1429189,351	571602,2	1075,974	CE
1038	1429187,19	571604,869	1076,138	PE
1039	1429182,523	571603,093	1074,931	0+820
1040	1429181,364	571601,644	1074,851	OD
1041	1429180,947	571601,305	1074,824	OI

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1042	1429179,531	571598,649	1072,514	CL
1043	1429183,389	571604,492	1075,033	OI
1044	1429183,721	571605,002	1075,086	CU
1045	1429183,841	571605,696	1075,254	CU
1046	1429185,03	571608,444	1076,988	CE
1047	1429178,537	571606,109	1075,252	0+825
1048	1429177,344	571604,675	1075,109	OD
1049	1429177,04	571604,324	1075,116	CU
1050	1429176,519	571603,992	1075,142	CU
1051	1429174,599	571603,15	1074,763	CE
1052	1429179,597	571607,336	1075,238	OI
1053	1429179,873	571607,673	1075,242	CU
1054	1429180,241	571608,137	1075,378	CU
1055	1429162,256	571617,639	1076,158	0+845
1056	1429161,029	571616,16	1076,132	OD
1057	1429160,716	571615,59	1076,14	CU
1058	1429160,416	571615,141	1076,32	CU
1059	1429167,451	571619,327	1076,812	CE
1060	1429163,359	571619,315	1076,183	OI
1061	1429163,666	571619,758	1076,097	CU
1062	1429164,232	571620,257	1076,377	CU
1063	1429147	571630,562	1076,155	0+865
1064	1429145,282	571629,232	1076,115	OD
1065	1429148,466	571632,031	1076,077	OI
1066	1429144,882	571628,846	1076,088	OD
1067	1429144,564	571628,43	1076,22	BO
1068	1429142,968	571627,256	1076,271	CE
1069	1429158,339	571614,09	1076,841	CE
1070	1429148,997	571632,39	1076,131	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1071	1429149,419	571632,795	1076,145	BO
1072	1429090,679	571754,509	1075,742	BM19
1073	1429151,416	571633,838	1076,682	CE
1074	1429142,992	571631,605	1075,911	VD
1075	1429140,703	571633,865	1075,767	VD
1076	1429146,076	571634,433	1075,983	VD
1077	1429138,558	571635,717	1075,915	VD
1078	1429144,254	571636,339	1075,878	VD
1079	1429142,147	571638,341	1075,916	VD
1080	1429144,417	571633,014	1075,933	VD
1081	1429142,646	571635,261	1075,827	VD
1082	1429140,604	571636,97	1075,91	VD
1083	1429137,641	571633,587	1074,859	CU
1084	1429138,38	571634,304	1075,412	CE
1085	1429137,194	571634,225	1074,748	CE
1086	1429132,653	571644,376	1076,487	0+885
1087	1429131,492	571643,271	1076,525	OD
1088	1429133,919	571645,592	1076,501	OI
1089	1429130,943	571642,648	1076,508	CU
1090	1429134,67	571646,481	1076,472	CU
1091	1429129,459	571641,56	1077,167	CE
1092	1429136,822	571648,814	1077,194	CE
1093	1429129,296	571648,126	1076,683	0+890
1094	1429127,904	571646,917	1076,684	OD
1095	1429131,063	571649,741	1076,711	OI
1096	1429131,857	571650,617	1076,729	CU
1097	1429127,519	571646,477	1076,687	CU
1098	1429126,443	571645,882	1077,193	CE
1099	1429133,009	571652,667	1077,66	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1100	1429126,325	571652,093	1076,794	0+895
1101	1429127,992	571653,321	1076,814	OI
1102	1429124,732	571650,954	1076,769	OD
1103	1429124,194	571650,563	1076,727	BO
1104	1429128,683	571654,078	1076,779	BO
1105	1429123,491	571650,024	1077,191	CE
1106	1429130,481	571657,004	1078,659	CE
1107	1429127,949	571643,28	1077,187	LC
1108	1429116,858	571645,162	1076,374	OI
1109	1429117,097	571639,3	1075,832	CU
1110	1429112,301	571653,464	1075,771	CU
1111	1429110,627	571657,283	1075,552	CE
1112	1429112,545	571649,615	1075,341	CE
1113	1429110,137	571660,78	1075,119	CU
1114	1429111,241	571664,034	1075,183	CE
1115	1429123,185	571655,991	1076,854	0+990
1116	1429121,641	571654,878	1076,821	OD
1117	1429124,92	571657,462	1076,852	OI
1118	1429125,467	571657,751	1076,819	CU
1119	1429121,151	571654,67	1076,8	CU
1120	1429126,49	571658,243	1076,845	CU
1121	1429120,588	571654,246	1077,088	CE
1122	1429129,211	571659,268	1078,929	CE
1123	1429120,393	571660,154	1076,844	0+995
1124	1429122,6	571661,599	1076,897	OI
1125	1429123,327	571662,326	1076,832	CU
1126	1429124,043	571662,684	1077,15	CU
1127	1429126,053	571663,765	1078,981	CE
1128	1429119,74	571657,195	1076,772	OD

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1129	1429118,727	571657,135	1077,122	CE
1130	1429118,024	571664,577	1076,799	1+000
1131	1429120,058	571665,523	1076,915	OI
1132	1429116,195	571663,355	1076,748	OD
1133	1429120,984	571666,114	1076,881	CU
1134	1429121,791	571666,599	1077,189	CU
1135	1429123,472	571667,713	1079,212	CE
1136	1429115,947	571663,022	1076,863	CU
1137	1429115,386	571662,432	1077,122	CE
1138	1429115,757	571669,056	1076,583	1+005
1139	1429117,921	571670,088	1076,652	OI
1140	1429118,842	571670,516	1076,609	CU
1141	1429121,651	571672,034	1078,894	CE
1142	1429114,186	571668,497	1076,521	OD
1143	1429113,839	571668,318	1076,565	CU
1144	1429113,571	571668,121	1076,671	CU
1145	1429112,583	571667,671	1076,797	CE
1146	1429108,621	571687,722	1075,877	1+025
1147	1429106,673	571687,035	1075,754	OD
1148	1429106,324	571686,893	1075,661	CU
1149	1429105,335	571686,443	1075,005	CE
1150	1429110,883	571688,757	1075,961	OI
1151	1429111,38	571689,12	1075,932	CU
1152	1429114,048	571688,643	1076,794	CE
1153	1429102,286	571706,69	1075,819	1+045
1154	1429100,134	571706,045	1075,882	OD
1155	1429103,943	571707,191	1075,885	OI
1156	1429112,026	571669,88	1076,748	PO
1157	1429105,017	571707,517	1075,831	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1158	1429099,373	571705,474	1075,752	BO
1159	1429105,821	571707,859	1075,994	BO
1160	1429108,07	571707,267	1076,537	CE
1161	1429096,072	571725,628	1075,964	1+065
1162	1429094,093	571724,965	1075,95	OD
1163	1429092,604	571724,345	1076,221	BO
1164	1429091,213	571723,684	1076,349	CE
1165	1429098,333	571726,411	1075,911	OI
1166	1429100,377	571726,496	1076,292	BO
1167	1429101,24	571726,533	1076,869	CE
1168	1429095,021	571730,511	1075,949	1+070
1169	1429093,046	571730,035	1075,967	OD
1170	1429091,524	571729,616	1076,171	BO
1171	1429089,958	571730,989	1076,445	CE
1172	1429097,108	571731,206	1075,9	OI
1173	1429098,512	571731,432	1076,057	BO
1174	1429085,203	571807,366	1075,157	BM20
1175	1429097,778	571704,414	1075,865	CE
1176	1429095,059	571730,558	1075,938	1+075
1177	1429093,072	571730,006	1075,938	OD
1178	1429097,18	571731,201	1075,897	OI
1179	1429092,416	571729,887	1075,897	CU
1180	1429097,866	571731,408	1075,884	CU
1181	1429090,153	571730,174	1076,364	CE
1182	1429099,053	571731,606	1076,196	CU
1183	1429100,798	571731,737	1077,721	CE
1184	1429094,243	571735,456	1075,919	1+080
1185	1429096,33	571735,976	1075,875	OI
1186	1429092,334	571735,273	1075,933	OD

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1187	1429091,49	571735,12	1075,92	BO
1188	1429097,409	571736,033	1075,965	BO
1189	1429098,38	571736,079	1076,297	BO
1190	1429089,547	571734,872	1076,343	CE
1191	1429085,401	571736,6	1076,154	OI
1192	1429082,402	571741,698	1075,47	OD
1193	1429081,975	571746,58	1075,196	BO
1194	1429100,045	571736,642	1077,411	CE
1195	1429082,149	571751,846	1075,461	CL
1196	1429093,549	571740,47	1075,899	1+085
1197	1429091,662	571740,25	1075,898	OD
1198	1429090,945	571740,276	1075,84	CU
1199	1429090,269	571740,247	1076,032	CU
1200	1429088,696	571739,703	1076,411	CE
1201	1429081,946	571756,104	1075,514	OD
1202	1429095,624	571740,816	1075,87	OI
1203	1429096,605	571740,905	1075,927	CU
1204	1429097,525	571741,1	1076,217	CU
1205	1429079,114	571762,721	1075,058	CE
1206	1429099,402	571741,942	1078,095	CE
1207	1429081,471	571768,189	1076,674	OD
1208	1429093,036	571745,41	1075,853	1+090
1209	1429091,193	571745,266	1075,843	OD
1210	1429090,448	571745,228	1075,838	CU
1211	1429089,704	571745,12	1076,047	CU
1212	1429087,897	571744,824	1076,402	CE
1213	1429095,132	571745,733	1075,824	OI
1214	1429095,851	571745,876	1075,847	CU
1215	1429096,726	571745,847	1076,164	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1216	1429098,636	571746,441	1077,499	BO
1217	1429082,428	571776,915	1076,744	CL
1218	1429097,572	571752,278	1076,605	PE
1219	1429079,941	571784,909	1076,494	OD
1220	1429092,404	571765,412	1075,682	1+110
1221	1429090,664	571765,259	1075,68	OD
1222	1429093,943	571765,409	1075,606	OI
1223	1429090	571765,235	1075,628	BO
1224	1429094,772	571765,175	1075,597	BO
1225	1429089,291	571765,04	1075,796	BO
1226	1429095,651	571765,086	1075,861	BO
1227	1429086,94	571765,157	1076,35	CE
1228	1429099,147	571764,933	1078,481	CE
1229	1429092,464	571770,441	1075,625	1+115
1230	1429094,205	571770,415	1075,592	OI
1231	1429090,529	571770,311	1075,607	OD
1232	1429094,996	571770,425	1075,585	CU
1233	1429089,701	571770,162	1075,585	CU
1234	1429088,874	571770,027	1075,807	CU
1235	1429095,624	571770,373	1075,778	CU
1236	1429086,714	571770,082	1076,319	CE
1237	1429098,322	571770,904	1077,195	CE
1238	1429092,437	571775,435	1075,575	1+120
1239	1429094,133	571775,439	1075,546	OI
1240	1429090,217	571775,29	1075,523	OD
1241	1429089,543	571775,243	1075,513	CU
1242	1429094,665	571775,572	1075,433	CU
1243	1429088,689	571775,159	1075,722	CU
1244	1429094,69	571775,56	1075,428	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1245	1429086,428	571775,414	1076,276	CE
1246	1429097,656	571775,987	1076,424	CE
1247	1429092,149	571780,422	1075,511	1+125
1248	1429093,777	571780,616	1075,459	OI
1249	1429090,053	571780,113	1075,44	OD
1250	1429089,476	571780,101	1075,438	CU
1251	1429088,779	571780,031	1075,614	CU
1252	1429094,31	571780,714	1075,386	CU
1253	1429095,281	571780,791	1075,552	CU
1254	1429086,223	571779,98	1076,792	CE
1255	1429096,979	571781,111	1076,241	CE
1256	1429091,428	571785,373	1075,391	1+130
1257	1429093,046	571785,802	1075,422	OD
1258	1429089,638	571785,007	1075,339	OI
1259	1429089,05	571784,861	1075,318	CU
1260	1429094,067	571785,926	1075,324	CU
1261	1429088,331	571784,602	1075,531	CU
1262	1429094,705	571786,094	1075,454	CU
1263	1429085,469	571784,118	1077,014	CE
1264	1429096,199	571786,476	1075,867	CE
1265	1429090,09	571790,219	1075,282	1+135
1266	1429091,927	571790,769	1075,367	OD
1267	1429088,162	571789,603	1075,224	OI
1268	1429092,997	571791,268	1075,186	CU
1269	1429093,79	571791,598	1075,411	CU
1270	1429087,58	571789,39	1075,189	CU
1271	1429087,084	571788,8	1075,439	CU
1272	1429095,409	571791,898	1075,799	CE
1273	1429097,377	571806,973	1076,209	OD

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1274	1429099,689	571811,129	1077,097	OI
1275	1429078,819	571789,758	1073,857	CU
1276	1429070,461	571800,381	1073,781	CU
1277	1429084,029	571788,914	1076,305	CE
1278	1429088,133	571794,816	1075,112	1+140
1279	1429086,536	571793,893	1075,077	OD
1280	1429089,833	571795,855	1075,194	OI
1281	1429090,816	571796,584	1075,04	CU
1282	1429085,565	571793,701	1075,051	CU
1283	1429091,543	571796,937	1075,182	CU
1284	1429084,728	571793,126	1075,133	CU
1285	1429094,763	571797,576	1075,827	CE
1286	1429083,349	571791,235	1075,756	CE
1287	1429085,471	571799,01	1074,985	1+145
1288	1429083,959	571797,631	1074,903	OD
1289	1429086,961	571800,369	1075,065	OI
1290	1429087,745	571801,001	1074,926	CU
1291	1429082,69	571796,913	1074,897	CU
1292	1429088,596	571801,389	1075,092	CU
1293	1429081,682	571796,705	1074,986	CU
1294	1429091,499	571804,519	1075,471	CE
1295	1429080,334	571795,817	1075,088	CE
1296	1429082,184	571802,808	1074,84	1+150
1297	1429083,012	571804,47	1074,929	OI
1298	1429080,771	571801,271	1074,771	OD
1299	1429083,647	571805,4	1074,81	CU
1300	1429080,153	571800,395	1074,809	CU
1301	1429079,188	571799,656	1074,846	CU
1302	1429077,896	571798,612	1074,803	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1303	1429083,934	571809,689	1075,236	CE
1304	1429078,34	571805,983	1074,79	1+155
1305	1429077,609	571804,23	1074,712	OD
1306	1429079,543	571807,699	1074,831	OI
1307	1429076,598	571803,287	1074,705	CU
1308	1429080,149	571808,431	1074,778	CU
1309	1429076,142	571802,562	1074,665	CU
1310	1429081,199	571809,413	1075,011	CU
1311	1429082,318	571810,884	1075,271	CE
1312	1429074,7	571801,819	1074,596	CE
1313	1429073,941	571808,508	1074,674	1+160
1314	1429074,812	571810,131	1074,794	OI
1315	1429075,538	571811,292	1074,612	CU
1316	1429076,211	571812,202	1074,684	CU
1317	1429077,33	571814,245	1074,965	CE
1318	1429073,239	571807,098	1074,562	OD
1319	1429072,917	571806,255	1074,536	CU
1320	1429071,589	571804,408	1074,391	CE
1321	1429074,325	571815,999	1073,115	OI
1322	1429071,657	571814,582	1072,967	CU
1323	1429070,318	571813,949	1072,878	CU
1324	1429071,046	571813,19	1074,586	AC
1325	1429068,734	571808,032	1074,671	AC
1326	1429069,106	571813,95	1074,54	AC
1327	1429066,896	571808,72	1074,699	AC
1328	1429063,855	571807,636	1073,786	AC
1329	1429068,018	571806,474	1073,487	CU
1330	1429071,389	571816,21	1073,402	CU
1331	1429065,548	571806,96	1072,895	AC

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1332	1429069,992	571818,745	1075,522	AC
1333	1429069,394	571810,396	1074,789	1+165
1334	1429068,571	571808,641	1074,745	OD
1335	1429069,951	571812,318	1074,81	OI
1336	1429064,579	571811,767	1074,826	1+170
1337	1429065,043	571813,555	1074,851	OI
1338	1429064,144	571810,267	1074,815	OD
1339	1429065,188	571814,428	1074,856	CU
1340	1429063,938	571809,529	1074,614	CU
1341	1429061,184	571807,024	1074,916	CE
1342	1429064,266	571822,447	1075,032	CL
1343	1429059,589	571812,749	1074,9	1+175
1344	1429059,787	571814,46	1074,938	OI
1345	1429059,916	571815,585	1074,963	CU
1346	1429059,625	571817,689	1075,469	CE
1347	1429059,579	571811,042	1074,901	OD
1348	1429059,528	571810,161	1074,799	CU
1349	1429059,282	571807,309	1075,121	CE
1350	1428994,851	571829,959	1076,977	BM21
1351	1429039,808	571815,353	1075,694	1+195
1352	1429040,086	571818,016	1075,595	OI
1353	1429040,199	571818,744	1075,524	CU
1354	1429039,59	571813,357	1075,691	OD
1355	1429039,587	571812,644	1075,919	CU
1356	1429039,638	571812,15	1076,054	CU
1357	1429039,427	571810,444	1076,263	CE
1358	1429050,862	571819,246	1076,172	PE
1359	1429047,461	571803,384	1074,444	OD
1360	1429040,574	571821,533	1076,919	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1361	1429034,594	571804,285	1075,74	OD
1362	1429021,655	571806,417	1077,915	BO
1363	1429020,348	571819,817	1076,698	1+215
1364	1429003,908	571806,641	1080,674	1+215
1365	1429020,329	571822,572	1076,71	OI
1366	1428988,404	571806,222	1080,993	OI
1367	1429020,416	571823,234	1076,654	CU
1368	1429019,641	571826,033	1078,241	CE
1369	1429001,128	571813,517	1080,622	CL
1370	1429019,678	571817,768	1076,665	OD
1371	1429019,632	571816,969	1076,99	CU
1372	1429001,121	571813,518	1080,603	OD
1373	1429019,392	571814,605	1078,278	CE
1374	1429008,58	571816,992	1080,153	CL
1375	1429002,34	571818,726	1080,022	CE
1376	1428999,619	571846,469	1078,363	OI
1377	1429015,967	571839,143	1080,234	CU
1378	1429021,971	571847,062	1081,292	CU
1379	1429027,003	571840,388	1080,776	CE
1380	1429037,044	571836,033	1079,903	OD
1381	1429043,465	571837,63	1080,231	CU
1382	1429046,799	571846,819	1082,222	CU
1383	1429034,261	571857,041	1084,472	CE
1384	1429026,86	571864,71	1084,329	CU
1385	1429005,03	571853,453	1079,017	CU
1386	1428989,122	571849,203	1078,822	CU
1387	1428995,048	571855,098	1079,711	CU
1388	1428979,113	571854,909	1080,778	CU
1389	1428988,114	571859,279	1081,964	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1390	1428969,912	571848,426	1079,389	AL
1391	1428981,952	571868,293	1084,851	CE
1392	1428986,879	571819,952	1077,791	AL
1393	1428974,675	571808,042	1078,578	OD
1394	1428973,504	571811,584	1076,543	CU
1395	1428962,554	571802,43	1076,869	CU
1396	1428974,18	571805,331	1079,789	CE
1397	1428973,309	571801,663	1080,301	CU
1398	1428978,736	571798,801	1081,695	CU
1399	1428970,178	571798,639	1079,958	CU
1400	1428966,569	571798,867	1078,878	CE
1401	1428957,847	571811,308	1073,254	OD
1402	1428960,286	571803,53	1075,989	CU
1403	1428948,693	571815,366	1073,431	CU
1404	1428938,434	571812,243	1073,279	CE
1405	1429001,265	571825,505	1077,03	1+235
1406	1429000,813	571823,178	1076,979	OD
1407	1429001,801	571827,648	1077,042	OI
1408	1429002,044	571828,406	1077,037	CU
1409	1429000,794	571822,697	1077,018	CU
1410	1429002,081	571828,418	1077,031	CU
1411	1428999,754	571820,285	1078,232	CE
1412	1429002,142	571829,169	1077,148	CU
1413	1429002,668	571832,061	1078,182	CE
1414	1428996,355	571826,829	1076,967	1+240
1415	1428996,072	571824,408	1076,872	OD
1416	1428996,992	571829,07	1077,006	OI
1417	1428997,237	571829,948	1077,013	CU
1418	1428997,432	571830,538	1077,169	CU

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1419	1428995,987	571823,638	1076,883	BO
1420	1428995,766	571823,069	1077,234	BO
1421	1428994,966	571821,1	1078,046	CE
1422	1428998,221	571833,734	1077,83	CE
1423	1428991,347	571827,675	1076,82	1+245
1424	1428991,804	571830,027	1076,893	OI
1425	1428991,759	571830,996	1076,903	BO
1426	1428991,774	571831,771	1077,165	BO
1427	1428992,906	571835,772	1077,417	CE
1428	1428990,932	571825,523	1076,718	OD
1429	1428990,596	571825,019	1076,686	CU
1430	1428990,476	571824,106	1076,927	CU
1431	1428989,623	571821,944	1077,594	CE
1432	1428986,413	571828,364	1076,649	1+250
1433	1428986,102	571826,07	1076,544	OD
1434	1428985,717	571825,175	1076,513	CU
1435	1428846,794	571822,05	1076,091	BM22
1436	1428985,777	571824,549	1076,777	CU
1437	1428985,158	571822,521	1077,003	CE
1438	1428986,677	571830,588	1076,756	OI
1439	1428986,761	571831,636	1076,705	CU-CE
1440	1428986,909	571832,682	1077,05	CU
1441	1428991,62	571836,28	1076,778	CU
1442	1428990,731	571835,239	1076,846	CU
1443	1428985,234	571835,508	1076,576	CU
1444	1428976,607	571835,556	1075,793	CU
1445	1428987,166	571837,292	1077,219	CE
1446	1428975,518	571835,825	1074,855	AL
1447	1428979,416	571837,459	1076,974	CE

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1448	1428969,858	571825,594	1074,198	AL
1449	1428981,464	571829,012	1076,463	1+255
1450	1428981,653	571831,317	1076,469	OI
1451	1428981,029	571826,557	1076,382	OD
1452	1428981,582	571832,032	1076,421	CU
1453	1428980,941	571825,858	1076,379	CU
1454	1428981,627	571833,695	1076,94	CU
1455	1428980,909	571824,902	1076,732	CU
1456	1428980,47	571823,36	1076,773	CE
1457	1428961,481	571828,578	1075,609	1+275
1458	1428961,593	571826,842	1075,4	OI
1459	1428961,36	571830,668	1075,675	OD
1460	1428961,219	571831,409	1075,636	CU
1461	1428961,681	571826,363	1075,542	CU
1462	1428961,174	571833,16	1076,067	CU
1463	1428961,675	571825,707	1075,817	CU
1464	1428961,752	571824,231	1076,135	CE
1465	1428961,735	571835,754	1076,554	CE
1466	1428941,549	571827,079	1074,843	1+295
1467	1428941,868	571824,954	1074,831	OI
1468	1428950,527	571833,574	1076,623	PZ
1469	1428941,756	571824,486	1075,249	BO
1470	1428941,752	571823,709	1075,135	BO
1471	1428941,768	571822,568	1075,456	CE
1472	1428941,671	571829,255	1074,964	OD
1473	1428941,715	571830,192	1074,84	BO
1474	1428941,616	571832,311	1075,181	BO
1475	1428940,707	571835,062	1075,589	CE
1476	1428921,577	571827,141	1074,237	1+315

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1477	1428921,74	571829,05	1074,183	OD
1478	1428921,583	571824,907	1074,171	OI
1479	1428921,868	571830,699	1073,962	BO
1480	1428921,704	571824,32	1074,127	BO
1481	1428921,559	571823,607	1074,258	BO
1482	1428921,976	571820,52	1074,321	CE
1483	1428924,283	571834,523	1075,609	PE
1484	1428921,424	571834,531	1075,579	CE
1485	1428901,58	571826,603	1074,189	1+325
1486	1428901,279	571828,434	1074,197	OD
1487	1428904,147	571823,895	1071,963	AL
1488	1428903,317	571829,425	1072,127	AL
1489	1428903,6	571833,936	1074,85	AL
1490	1428901,794	571824,815	1074,132	OI
1491	1428899,577	571820,558	1072,876	CE
1492	1428881,787	571823,879	1075,313	1+345
1493	1428881,458	571826,11	1075,284	OD
1494	1428881,273	571826,959	1075,562	BO
1495	1428881,027	571827,414	1075,676	BO
1496	1428878,164	571827,853	1076,618	TL
1497	1428862,051	571820,852	1076,363	1+365
1498	1428861,771	571823,066	1076,254	OD
1499	1428861,558	571823,798	1076,599	BO
1500	1428861,434	571824,467	1076,843	BO
1501	1428882,184	571821,275	1075,271	OI
1502	1428882,261	571820,948	1075,378	BO
1503	1428882,225	571820,431	1075,695	BO
1504	1428882,579	571818,138	1075,326	CE
1505	1428862,046	571819,073	1076,339	OI

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1506	1428862,014	571818,455	1076,378	BO
1507	1428657,724	571843,932	1077,439	BM23
1508	1428654,507	571844,338	1077,997	PE
1509	1428857,747	571817,4	1076,639	BO
1510	1428857,989	571814,736	1077,503	CE
1511	1428674,985	571843,244	1075,683	BM24
1512	1428852,107	571820,158	1076,223	1+370
1513	1428852,247	571817,78	1076,185	OI
1514	1428852,251	571817,243	1076,221	BO
1515	1428852,142	571816,796	1076,415	BO
1516	1428851,957	571813,94	1076,596	CE
1517	1428851,878	571822,287	1076,191	OD
1518	1428851,916	571822,842	1076,181	BO
1519	1428851,815	571823,767	1076,465	BO
1520	1428851,868	571826,352	1078,31	CE
1521	1428847,205	571817,715	1076,019	1+375
1522	1428847,157	571817,761	1076,018	OI
1523	1428847,318	571816,638	1075,977	BO
1524	1428847,429	571816,149	1076,156	BO
1525	1428847,468	571813,693	1076,265	CE
1526	1428843,53	571821,747	1076,038	OD
1527	1428843,509	571822,517	1075,941	BO
1528	1428843,691	571823,3	1076,191	BO
1529	1428842,819	571826,443	1077,655	CE
1530	1428827,123	571820,132	1075,78	1+395
1531	1428827,344	571822,636	1075,775	OD
1532	1428826,909	571818,567	1075,684	OI
1533	1428827,389	571823,432	1075,672	BO
1534	1428827,451	571824,143	1075,994	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1535	1428826,855	571817,81	1075,592	BO
1536	1428826,647	571816,711	1075,474	BO
1537	1428826,741	571815,458	1075,203	PE
1538	1428826,991	571814,745	1074,862	CE
1539	1428829,763	571826,188	1077,042	CE
1540	1428807,309	571822,992	1075,547	1+415
1541	1428807,641	571825,284	1075,546	OD
1542	1428807,012	571820,698	1075,441	OI
1543	1428807,803	571825,911	1075,377	BO
1544	1428806,996	571819,959	1075,429	BO
1545	1428808,098	571826,757	1075,74	BO
1546	1428806,779	571819,03	1075,704	BO
1547	1428806,734	571817,422	1075,061	CE
1548	1428808,195	571829,044	1076,377	CE
1549	1428787,724	571826,886	1075,32	1+435
1550	1428794,429	571827,622	1075,248	VA
1551	1428793,359	571822,714	1075,228	VA
1552	1428792,261	571827,992	1075,228	VA
1553	1428790,912	571823,149	1074,919	VA
1554	1428789,517	571828,57	1075,331	VA
1555	1428789,142	571826,652	1075,313	VA
1556	1428791,571	571826,137	1075,134	VA
1557	1428794,022	571825,656	1075,263	VA
1558	1428788,467	571823,703	1075,217	VA
1559	1428790,475	571821,14	1074,045	BO
1560	1428788,114	571828,706	1075,319	OD
1561	1428787,3	571824,294	1075,274	OI
1562	1428788,205	571829,591	1075,278	BO
1563	1428788,201	571829,584	1075,27	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1564	1428787,206	571823,588	1075,188	BO
1565	1428786,706	571823,022	1075,294	BO
1566	1428788,273	571829,929	1075,466	BO
1567	1428786,617	571820,943	1074,999	CE
1568	1428787,584	571832,617	1076,62	CE
1569	1428768,057	571830,08	1075,52	1+455
1570	1428768,037	571832,07	1075,443	OD
1571	1428768,104	571833,005	1075,375	BO
1572	1428768,096	571833,511	1075,492	BO
1573	1428768,459	571834,194	1075,835	CL
1574	1428766,43	571828,578	1075,435	OI
1575	1428766,382	571827,885	1075,342	BO
1576	1428748,259	571833,571	1075,338	1+475
1577	1428748,543	571835,171	1075,378	OD
1578	1428748,683	571836,08	1075,338	BO
1579	1428748,367	571836,687	1075,512	BO
1580	1428728,596	571836,272	1075,315	1+495
1581	1428747,536	571830,705	1075,189	BM25
1582	1428728,314	571838,22	1075,291	OD
1583	1428728,142	571834,084	1075,222	OI
1584	1428727,954	571833,257	1075,154	BO
1585	1428727,946	571832,83	1075,415	BO
1586	1428724,834	571831,507	1074,924	CE
1587	1428708,691	571837,895	1075,256	1+515
1588	1428708,564	571839,618	1075,176	OD
1589	1428708,651	571840,373	1073,974	AL
1590	1428708,76	571841,107	1074,012	AL
1591	1428707,53	571840,417	1073,865	AL
1592	1428707,542	571841,018	1073,86	AL

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1593	1428707,762	571835,727	1075,124	OI
1594	1428708,12	571835,147	1073,825	AL
1595	1428708,043	571834,502	1073,78	AL
1596	1428707,327	571835,18	1074,029	AL
1597	1428706,924	571834,481	1074,062	AL
1598	1428705,161	571833,67	1075,254	CE
1599	1428688,762	571839,157	1075,433	1+535
1600	1428688,748	571841,047	1075,418	OD
1601	1428688,771	571841,932	1075,367	BO
1602	1428684,252	571842,658	1075,703	BO
1603	1428689,186	571842,121	1075,599	BO
1604	1428687,573	571842,475	1075,549	BO
1605	1428688,515	571836,98	1075,354	OI
1606	1428688,48	571836,124	1075,267	BO
1607	1428688,552	571835,697	1075,395	BO
1608	1428688,715	571834,182	1075,458	CE
1609	1428683,779	571839,578	1075,515	1+540
1610	1428683,594	571841,601	1075,487	OD
1611	1428683,621	571842,485	1075,473	BO
1612	1428683,628	571842,85	1075,648	BO
1613	1428683,422	571843,145	1075,598	CE
1614	1428683,392	571837,416	1075,372	OI
1615	1428683,423	571836,571	1075,343	BO
1616	1428683,306	571836,073	1075,372	BO
1617	1428683,317	571834,89	1075,489	CE
1618	1428678,845	571840,373	1075,607	1+545
1619	1428678,823	571842,369	1075,59	OD
1620	1428678,845	571843,245	1075,547	BO
1621	1428678,889	571843,68	1075,733	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1622	1428675,712	571844,825	1076,027	CE
1623	1428678,519	571838,398	1075,525	OI
1624	1428678,521	571837,614	1075,378	BO
1625	1428678,177	571836,862	1075,635	BO
1626	1428677,883	571835,619	1075,436	CE
1627	1428674,003	571841,575	1075,787	1+550
1628	1428674,228	571843,476	1075,697	OD
1629	1428674,309	571844,155	1075,645	BO
1630	1428674,442	571844,694	1075,823	BO
1631	1428674,673	571845,245	1076,106	CE
1632	1428673,052	571839,498	1075,677	OI
1633	1428673,022	571838,987	1075,589	BO
1634	1428672,859	571838,319	1075,856	BO
1635	1428672,111	571836,751	1076,059	CE
1636	1428669,334	571843,319	1076,001	1+555
1637	1428669,743	571845,16	1075,87	OD
1638	1428669,965	571845,899	1075,789	BO
1639	1428670,119	571846,177	1076,048	BO
1640	1428670,341	571847,536	1076,392	CE
1641	1428668,775	571841,777	1075,968	OI
1642	1428668,423	571840,924	1075,842	BO
1643	1428668,158	571840,259	1076,089	BO
1644	1428667,679	571838,158	1076,464	CE
1645	1428664,847	571845,552	1076,28	1+560
1646	1428665,788	571847,411	1076,182	OD
1647	1428666,097	571847,779	1076,055	BO
1648	1428666,382	571848,422	1076,349	BO
1649	1428667,278	571849,764	1076,571	CE
1650	1428664,053	571843,726	1076,232	OI

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1651	1428663,731	571843,171	1076,168	BO
1652	1428663,277	571842,683	1076,452	BO
1653	1428662,293	571840,252	1077,133	PA
1654	1428671,114	571836,798	1076,169	COL
1655	1428668,565	571837,821	1076,438	COL
1656	1428660,697	571848,299	1076,711	1+565
1657	1428661,808	571850,095	1076,647	OD
1658	1428662,194	571850,746	1076,518	BO
1659	1428662,437	571851,439	1076,868	BO
1660	1428663,1	571852,796	1077,176	CE
1661	1428659,279	571846,95	1076,622	OI
1662	1428659,164	571846,363	1076,412	BO
1663	1428656,666	571851,19	1077,198	1+570
1664	1428657,769	571852,654	1077,189	OD
1665	1428658,257	571853,294	1077,019	BO
1666	1428658,902	571854,235	1077,366	BO
1667	1428659,953	571855,503	1077,519	CE
1668	1428655,266	571849,794	1077,055	OI
1669	1428654,883	571849,318	1076,906	BO
1670	1428654,41	571848,769	1077,299	BO
1671	1428652,452	571846,07	1078,286	PA
1672	1428641,091	571863,689	1078,301	1+590
1673	1428642,598	571865,421	1078,31	OD
1674	1428643,197	571866,287	1078,253	BO
1675	1428643,473	571866,762	1078,237	BO
1676	1428644,586	571867,683	1078,179	CE
1677	1428627,826	571874,188	1078,244	BM26
1678	1428637,066	571866,617	1078,292	1+575
1679	1428637,877	571868,077	1078,177	OD

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1680	1428638,206	571868,857	1078,165	BO
1681	1428647,468	571866,016	1078,159	CE
1682	1428642,559	571869,7	1078,064	CE
1683	1428638,868	571871,502	1077,904	CE
1684	1428635,117	571871,104	1078,006	CE
1685	1428631,513	571867,059	1078,231	BO
1686	1428635,795	571864,498	1078,193	BO
1687	1428659,363	571846,85	1076,581	OI
1688	1428659	571846,432	1076,421	BO
1689	1428658,436	571845,476	1076,912	BO
1690	1428658,167	571841,998	1077,522	CE
1691	1428624,653	571867,277	1080,192	CE
1692	1428614,944	571878,118	1077,837	1+595
1693	1428615,857	571879,946	1077,859	OD
1694	1428616,43	571880,994	1077,745	CE
1695	1428614,516	571876,116	1077,86	OI
1696	1428614,792	571873,994	1078,141	CE
1697	1428595,628	571883,083	1076,984	1+615
1698	1428594,892	571881,101	1077,047	OI
1699	1428594,666	571880,459	1076,967	BO
1700	1428594,554	571879,797	1077,165	BO
1701	1428594,433	571878,832	1077,704	CE
1702	1428595,807	571885,374	1076,992	OD
1703	1428595,867	571885,864	1076,987	BO
1704	1428596,236	571887,323	1076,819	CE
1705	1428591,258	571887,996	1076,861	PE
1706	1428575,887	571886,236	1076,618	1+635
1707	1428575,76	571884,41	1076,632	OI
1708	1428575,584	571883,856	1076,597	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1709	1428575,315	571883,03	1076,806	BO
1710	1428576,227	571888,788	1076,573	OI
1711	1428576,368	571889,364	1076,544	BO
1712	1428576,511	571890,281	1076,639	BO
1713	1428571,585	571893,008	1076,304	CE
1714	1428556,037	571888,057	1076,033	1+655
1715	1428555,931	571890,042	1076,019	OD
1716	1428556,063	571890,738	1076,068	BO
1717	1428556,228	571893,372	1076,329	CE
1718	1428544,436	571890,83	1076,003	BM27
1719	1428559,879	571893,673	1076,387	CE
1720	1428767,538	571827,277	1075,299	BO
1721	1428767,227	571826,593	1075,576	BO
1722	1428766,789	571823,932	1075,517	CE
1723	1428752,144	571829,247	1075,366	BO
1724	1428752,23	571827,012	1075,228	CE
1725	1428752,547	571836,046	1075,449	BO
1726	1428753,123	571838,548	1076,737	CE
1727	1428729,046	571839,431	1075,425	BO
1728	1428729,027	571841,855	1076,896	CE
1729	1428714,403	571843,289	1077,819	CE
1730	1428714,394	571843,293	1077,82	CE
1731	1428702,291	571842,749	1075,922	CE
1732	1428694,771	571842,533	1075,598	BO
1733	1428729,941	571845,09	1077,449	BO
1734	1428733,361	571846,348	1078,642	CE
1735	1428729,328	571849,405	1080,799	BO
1736	1428720,344	571852,854	1082,887	CE
1737	1428721,047	571849,623	1080,819	BO

Número	Norte (y)	Este (x)	Elevación (Z)	Código
1738	1428713,964	571857,586	1084,35	BO
1739	1428719,599	571862,262	1086,128	CE
1740	1428735,347	571853,278	1081,069	BO
1741	1428740,719	571856,242	1082,302	CE
1742	1428746,29	571846,732	1079,3	BO
1743	1428751,044	571846,469	1080,004	CE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77 Leyenda de símbolos para puntos topográficos

DESCRIPCION	
CL	Centro de calle
AN	Anden
OI	Orilla Izquierda
OD	Orilla derecha
0+00	Estacionamientos
TL	Talud
ALC	Alcantarilla
PE	Poste Eléctrico
CE	Cerco
COL	Columna
BO	Borde

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23 Levantamiento topográfico. (BM-banda izquierda y derecha)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24 Levantamiento topográfico. (Banda izquierda y derecha-Linderos)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25 Levantamiento topográfico. (Linderos y predios aledaños)



Fuente: Elaboración propia.