



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN Y OBRAS DE DRENAJE DE 1.4 KM DEL BARRIO VILLA TRINIDAD UBICADO EN EL MUNICIPIO DE LA TRINIDAD, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ, 2018”.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Grethel Isabel Palacios Duarte

Br. Gerson Ruiz Castro

Tutor

Ing. Jimmy Sierra Mercado

Managua, febrero de 2019

Dedicatoria.

Dedicado a Dios por todas las bendiciones que nos regala día a día y porque gracias a su amor infinito hemos llegado hasta aquí.

De manera muy especial a mi madre Irma Isabel Palacios que con su esfuerzo ha sido capaz de lograr salir adelante y llevarnos a mi hermana y a mí de su mano, que nos ha enseñado que nada es fácil, pero con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A Cruz Alberto Obregón quien ya no está con nosotros, pero al igual que todos anheló este momento, el momento de ver cumplido sus sueños, hoy nosotros soñamos por él y dedicamos nuestro trabajo a su nombre. Siempre te recordaremos.

Grethel Isabel Palacios Duarte.

Agradecimiento:

Agradezco primeramente a Dios que nos ha regalado vida y nos ha colmado de muchas bendiciones.

A mi madre que ha sido mi pilar durante toda mi vida y que siempre ha estado para ayudarme a alcanzar mis metas.

De la misma manera agradezco a aquellos maestros que dirigieron mi camino durante todos mis años de estudio, de manera especial al Ing. Ajax Moncada que nos ha brindados su apoyo en todo momento y nos ha acompañado en todo este proceso.

Agradezco también a todas y cada una de las personas que en todo momento creyeron en mí, que estuvieron brindándome palabras de aliento y regalándome su cariño.

Grethel Isabel Palacios Duarte.

Dedicatoria.

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios por darme la sabiduría y las fuerzas necesarias para completar esta etapa tan importante de nuestra formación profesional.

A mis padres Carmen Castro y Remberto Ruiz por apoyarme incondicionalmente en este proyecto de vida, siempre creer en mí y darme palabras de ánimo siempre que las necesito.

Dedico de manera especial este trabajo a nuestro compañero Cruz Alberto quien ya no está con nosotros y siempre recordaremos.

Gerson Ruiz Castro.

Agradecimientos.

Agradezco a Dios por darme la vida, por cuidar siempre de mí, por darme la inspiración y la sabiduría para sacar adelante este trabajo.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional, por acompañarme en este viaje y siempre estar presentes en los momentos importantes de mi vida.

De manera especial al Ing. Ajax Moncada por todo el apoyo, conocimiento y consejos que nos brindó para la elaboración de este trabajo monográfico.

A todas las personas que de una u otra manera fueron parte importante a lo largo de mi carrera y en la elaboración de este documento.

Gerson Ruiz Castro.

Resumen Ejecutivo.

El trabajo aquí presentado comprende los estudios necesarios y criterios establecidos para la realización del proyecto titulado; ***“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN Y OBRAS DE DRENAJE DE 1.4 KM DEL BARRIO VILLA TRINIDAD UBICADO EN EL MUNICIPIO DE LA TRINIDAD, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ, 2018”***.

El documento estará estructurado de la siguiente manera:

- I. Generalidades.
- II. Estudios de suelos.
- III. Estudios de tráfico.
- IV. Diseño de estructura de pavimento.
- V. Estudio Hidrológico.

El primer capítulo contendrá las generalidades del proyecto, tales como, los objetivos planteados para la realización de dicho trabajo, la ubicación del proyecto a realizar, los antecedentes históricos de la zona de incidencia y la justificación de la importancia que tendrá la elaboración de este proyecto para los pobladores del barrio donde se pretende implementar el proyecto.

En el segundo capítulo estarán representados todos y cada uno de los estudios de suelos que se realizaron de las muestras obtenidas del lugar, así como también los resultados que se obtuvieron a través de los cálculos, este capítulo contendrá también el estudio realizado al banco de materiales Eduardo Blanco de donde se llevará el material que se utilizará para base.

En el tercer capítulo se encontrarán los aforos realizados para la obtención de la cantidad de vehículos que circulan la zona, con el que se analizarán las condiciones del tráfico actual y se presentarán los cálculos realizados para la obtención del ESAL's de diseño.

En el capítulo cuatro se mostrarán los resultados obtenidos a través del software WinPAS 12 (Pavement Analysis Software versión 1.04) después de la realización de cada uno de los cálculos, para verificar que el diseño propuesto

cumpla con cada una de sus especificaciones; En el diseño realizado se aplicó la metodología especificada en AASHTO 93.

En el capítulo cinco abordaremos lo que corresponde al estudio hidrológico para diseñar las obras de drenaje menores (cunetas y vados) que tendrá la vía, para realizar este diseño utilizaremos el software HCanales.

De la misma manera al final del documento se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que llegamos con la realización de este trabajo.

.

INDICE

CAPITULO I. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.	2
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.	5
CAPITULO II. ESTUDIO DE SUELOS	7
2.1 Estudio de Suelos.	7
2.2 Trabajo de campo.	7
2.3 Trabajo de Laboratorio.	8
2.3.1 Análisis Granulométrico.....	8
2.3.2 Determinación de límites de consistencia.....	8
2.3.3 Clasificación de los Suelos.	9
2.3.4 Proctor Estándar.....	14
2.3.5 Determinación de CBR (California Bearing Ratio) para el banco de Materiales Eduardo Blanco.....	16
CAPITULO III. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	21
3.1 Estudio de Tráfico	21
3.2 Recopilación de Datos	21
3.3 Clasificación Vehicular	22
3.4 Procesamiento de los datos.	23
3.4.1 Proyección del Tránsito.	23
3.5 Análisis de la Información.	24

3.5.1	Producto Interno Bruto.....	26
3.5.2	Tasa de crecimiento Poblacional.	26
3.5.3	Historial de Tránsito de la Zona.	27
3.5.4	Clasificación de la Vía.	28
3.5.5	Periodo de Diseño.	28
3.5.6	Tránsito de Diseño.....	29
3.5.7	Transito Inicial en el año 0 (T0)	30
3.5.8	Factor de Crecimiento (FC)	30
3.5.9	Factor de Distribución Direccional (Fd).....	30
3.5.10	Factor Carril (fca).....	31
3.5.11	Cálculo de Tránsito de Diseño.....	32
CAPITULO IV. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.		34
4.1	Índice de Serviciabilidad.....	34
4.2	Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI).	34
4.3	Análisis y Cargas de ejes equivalentes para el diseño de pavimento.	35
4.3.1	Determinación del CBR de diseño.....	37
4.4	Confiabilidad (R).	40
4.5	Desviación STANDARD (S_0).....	40
4.6	Coeficiente de Drenaje.....	41
4.7	Módulo Resiliente.....	42
4.8	Coeficientes Estructurales o de Capas.	42
4.8.1	Cálculo Manual de Espesores.	43
4.8.2	Coeficiente estructural a1.	43
4.8.3	Coeficiente estructural a2.	43
4.9	Número Estructural.	44

4.9.1	Calculo de los espesores de las capas.....	45
4.10	Espesores de estructura de Pavimentos.....	46
4.11	Procesamiento de datos en el software WinPas 12.	48
CAPITULO V. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....		55
5.1	Método Racional.	55
5.1.1	Identificación de Micro-cuencas.....	56
5.1.2	Coeficiente de Escorrentía.	58
5.2	Diseño Hidráulico.	66
5.1.3	Coeficiente de Rugosidad (n).	66
5.1.4	Cunetas.	67
5.1.5	Badén.	67
CONCLUSIONES.....		70
RECOMENDACIONES		72
BIBLIOGRAFÍA		73

Capítulo I:

GENERALIDADES

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción.

Los pavimentos representan una parte importante de los activos viales. Deben ser capaces de soportar solicitudes de tránsito, ambientales y proveer una estructura durable que permita la circulación de los vehículos con comodidad y seguridad.

Los pavimentos de adoquines han estado presentes en la ingeniería de pavimentos desde la época del Imperio Romano, pero no es sino hasta la década de 1970 en donde comienza a masificarse el uso de adoquines de hormigón en estacionamientos, calzadas vehiculares, peatonales y espacios públicos.

Las carreteras, caminos y calles son una de las vías de comunicación más usadas en todo el mundo, debido a esto la mayoría de los países buscan la manera de mejorar cada día esta vía de comunicación, en nuestro país la gran mayoría de calles y carreteras pavimentadas son de pavimento de adoquín.

El presente trabajo pretende proponer una red vial segura para el barrio Villa Trinidad, a través del diseño de una estructura de pavimento de adoquín con sus respectivas obras de drenaje que cumpla con lo estipulado en la AASHTO 1993 y garantice durabilidad y seguridad a los usuarios. Dicho barrio está ubicado en el municipio de La Trinidad, departamento de Estelí. (Ver anexos, figura 10 y 11, pág. V y VI).

Dicho barrio debido a lo reciente de su asentamiento no cuenta con una estructura vial en buenas condiciones, lo que les ha venido a generar muchos problemas a los habitantes, que piden una solución segura y duradera.

Así mismo se realizará un estudio de suelo para conocer las características de los terrenos donde se trabajará, del mismo modo se presentará la propuesta del diseño de drenaje menor para la evacuación correcta de las aguas pluviales y residenciales.

Se realizarán los cálculos adecuados para la recolección de datos que nos garanticen un diseño seguro, que brinde tranquilidad a la población.

1.2 Antecedentes.

La Trinidad es un municipio del departamento de Estelí, dicho municipio fue fundado el 8 de diciembre de 1967, este posee una extensión territorial de 261 km², cuyos límites son: al norte con el municipio de Estelí, al sur con el municipio de Santa Rosa del Peñón (León) y San Isidro (Matagalpa), al este con La Concordia (Jinotega) y al oeste con el municipio del Sauce (León).

Para el año 2014 tenía una densidad poblacional de 33,840 habitantes de los cuales 17,000 habitantes pertenecían a la zona urbana y 13,840 a la zona rural. La capital municipal es la ciudad de La Trinidad, según INIFOM, el municipio está dividido en 12 micro-regiones. Su economía está centrada en la agricultura especialmente los granos básicos de consumo diario (maíz, frijoles y millón), crianza y engorde de ganado, su actividad comercial principal es la producción de pan, por lo cual se ha ganado el título de la “Capital del pan” aunque en los últimos años el municipio está viviendo una transformación económica con una economía de servicios.

El barrio Villa Trinidad está ubicado en la salida sur del municipio de La Trinidad sobre la carretera Panamericana, frente al colegio Reich. Dicho barrio fue fundado en el año 2014, los lotes de este barrio pertenecían a una organización privada, pero la alcaldía de La Trinidad compró la lotificación para responder a la necesidad que la población tenía respecto a la falta de viviendas. Cuenta con una población aproximada de 350 habitantes.

El barrio cuenta con los servicios básicos de agua y luz, actualmente la superficie de rodamiento de este barrio está compuesta en su mayoría por material de relleno, esta se encuentra en mal estado debido al tráfico frecuente de vehículos y así mismo, debido al mal drenaje que el barrio tiene, ya que existen cunetas en la calle principal del barrio, pero en mal estado, provocando que el agua procedente de las viviendas se acumule en las esquinas y estas generen charcas de gran tamaño. (Ver anexos, figura 12-13, pág. VII) (Ver anexos, Figura 78-79, pág. LIII – LIV).

Uno de los principales proyectos que está impulsando la alcaldía de La Trinidad es el adoquinado de las calles principales del municipio, de la misma manera se espera que para el año 2018 se continúe el proyecto con el adoquinado de los barrios alejados del centro del municipio. Al igual que se va a realizar el proyecto de adoquinado, se realizará también el proyecto de sistemas de drenajes y alcantarillado sanitario para responder a cada una de las necesidades de los habitantes de dicho municipio.

1.3 Justificación.

El buen estado de las calles para un barrio es de vital importancia para su desarrollo, es por ello que en busca de una solución óptima a la problemática de no disponer de calles adecuadas en todo tiempo surge la iniciativa de realizar el diseño de la carpeta de rodamiento con estructura de adoquín con sus respectivas obras de drenaje, intentando proporcionar una solución factible de acuerdo a la demanda de la zona en estudio.

Este proyecto beneficiará de manera directa a los pobladores del barrio ya mencionado. Así mismo este trabajo servirá para afianzar los conocimientos teóricos que se adquirieron a lo largo de la carrera relacionados con diseño de obras horizontales.

Los beneficios que se generarán con la construcción de esta estructura de pavimento de adoquín serán los siguientes:

1. Se eliminarán los charcos existentes debido a la falta de cunetas.
2. Se disminuirá la Incidencias de enfermedades respiratorias en temporada de verano producto del polvo.
3. Se disminuirán las proliferaciones de agentes transmisores de enfermedades como la mosca, zancudos y los mosquitos.
4. Se mejorará la apariencia del barrio y las condiciones de vida de los habitantes.
5. El valor actual de las viviendas se incrementará, debido a que las calles se presentarán en un buen estado.
6. Habrá una mejor evacuación de las aguas pluviales y residenciales ya que se mejorará el sistema de drenaje.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

- Diseñar la estructura de pavimento de adoquín y obras de drenaje de 1.4km del barrio Villa Trinidad mediante el método AASHTO 1993.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio de suelos que permita determinar las características físico-mecánicas del terreno para conocer la capacidad de soporte del suelo existente en el sitio.
- Efectuar un estudio de tránsito para determinar los ejes equivalentes de carga a la que será sometida la vía durante el periodo de diseño.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento aplicando el método AASHTO 93.
- Elaborar el diseño de las obras de drenaje menor mediante la realización de un estudio hidráulico.

Capítulo II:

ESTUDIO DE

SUELOS

CAPITULO II. ESTUDIO DE SUELOS

2.1 Estudio de Suelos.

Los estudios de suelos son de gran importancia al momento de realizar diseños de estructura de pavimento, de acuerdo a los resultados de la estratigrafía (Ver anexos, figuras 14 - 26, pág. VIII - XX) y teniendo en cuenta otros parámetros de diseño (Límites de Atterberg, Clasificación de suelos, ensayo proctor estándar y CBR) se estiman los espesores de pavimento. Para realizar cualquier tipo de proyecto se debe tener en cuenta el tipo de suelos con se está trabajando para esto se realizan ensayos para conocer su clasificación según el método que se esté utilizando, los más usados en la caracterización de los suelos en Nicaragua es el **H.R.B. ASTM D-3282 para clasificación AASHTO y para clasificación S.U.C.S. la ASTM D-2487.**

Tabla 1: Tipos de ensayos realizados a los suelos.

Tipo de Ensayo	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los suelos	T-88	D-422
Límite líquido de los suelos	T-89	D-423
Límite plástico e Índice de plasticidad de los suelos	T-90	D-424
Clasificación AASHTO	M-145	D-3282
Humedad Natural		D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos – MTI - Pág. 8.

2.2 Trabajo de campo.

Para la obtención de muestra y poder ejecutar los análisis convenientes se deben efectuar sondeos manuales a profundidades de 1.5mts, con el uso de las siguientes herramientas: Barra, Palín doble, Posteadora, Pala Simple redonda, entre otros, tomando muestra a los diferentes estratos encontrados. A lo largo del tramo de las calles del barrio Villa Trinidad se realizaron trece sondeos de manera manual a cada 100 m de distancia, las muestras recolectadas son de carácter alteradas por el modo de extracción de éstas, ya que se contaminan con fragmentos de los otros estratos.

2.3 Trabajo de Laboratorio.

Una vez recolectadas las muestras de cada uno de los estratos del suelo donde se realizará el proyecto estas son llevadas al laboratorio para realizarles las pruebas correspondientes para determinar: Granulometría, Tipo de suelo, limite líquido, limite plástico, CBR, todo esto bajo la norma AASHTO 93.

2.3.1 Análisis Granulométrico.

El análisis granulométrico nos permite separar las partículas de los diferentes agregados según sus tamaños de tal manera que podamos conocer al final las cantidades en peso de cada tamaño que se aporta al peso total. Para la realización de este análisis se pasa el agregado por mallas de diferentes aberturas que permiten el paso de las partículas más finas y la retención de las partículas más gruesas.

2.3.2 Determinación de límites de consistencia.

Los límites de consistencia o límites de Atterberg son utilizados para caracterizar el comportamiento de los suelos.

El limite liquido se da cuando un suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y de esta manera este puede moldearse, para determinación de este límite usamos la conocida copa de Casagrande.

El limite plástico se da cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y el suelo comienza a presentar fisuras, la determinación de este límite es un poco más sencilla ya que se realiza a través de moldear unos pequeños cilindros sobre una base de vidrio hasta que estos presenten una fisura.

El índice de plasticidad en general depende de la cantidad de arcilla que el suelo en análisis contenga, este indica la finura del mismo y su capacidad para cambiar de configuración sin alterar su volumen.

2.3.3 Clasificación de los Suelos.

Para la clasificación de las muestras de los diferentes suelos recolectados en la zona de incidencia se utilizaron las tablas de clasificación según la AASHTO y según SUCS (Ver anexos, Figuras 27-28, pág. XXI - XXII). Los resultados se muestran en la siguiente tabla, en la que se puede observar que la gran mayoría de los suelos existentes corresponden según la AASHTO a (A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena) y según la SUCS a (Arena mal graduada SP).

Los resultados de los diferentes ensayos realizados se muestran a continuación.

Tabla 2: Resumen de resultados de Laboratorio.

Sondeo	Estación	Profundidad (m)		Porcentaje que pasa por el tamiz						LL	LP	Índice de Plasticidad	Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS
		De	Hasta	Nº4	Nº 10	Nº16	Nº40	Nº100	Nº200					
S-1 M-1	0+000	0	0.7	87	64.87	64.87	36.67	10.77	6.67	33.90	16.67	17.23	A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa.	Arena mal graduada con arcilla SP SC.
S-1 M-2	0+000	0.7	1	93.37	67.63	67.63	32.03	10.2	6.43	38.39	50.00	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con limo SP SM.
S-1 M-3	0+000	1	1.2	92.83	68.77	68.77	34.23	13.67	9.37	59.39	0.00	59.39	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	Arena bien graduada con arcilla SV SC.
S-1 M-4	0+000	1.2	1.5	93.97	69.9	69.9	33.97	10.07	7.4	67.28	0.00	67.28	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	Arena mal graduada con arcilla SP SC.

S-2 M-1	0+025	0	0.45	83.7	52.97	52.97	23.3	7.03	4.87	34.76	66.67	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con grava SP.
S-2 M-2	0+025	0.45	0.8	85.6	51.13	51.13	20.23	4.4	2.4	41.61	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-2 M-3	0+025	0.8	1.05	85.7	49.9	49.9	18.53	4.47	2.17	1.13	0.00	1.13	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-2 M-4	0+025	1.05	1.5	86.37	51.3	51.3	19.37	4.53	2.43	60.14	25.00	35.14	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	Arena mal graduada SP.
S-3 M-1	0+373	0	0.3	89.3	59.57	59.57	23.4	6.07	3.57	48.42	50.00	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-3 M-2	0+373	0.3	1.5	87.63	59.5	59.5	25.23	3.67	2.17	43.31	50.00	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-4 M-1	0+472	0	0.5	79.3	55.93	55.93	28.03	7.87	3.13	37.10	50.00	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con grava SP.
S-4 M-2	0+472	0.5	0.8	77.73	48.63	48.63	20.63	7.97	6.77	50.62	50.00	0.62	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con limo SP SM.

S-4 M-3	0+472	0.8	1.05	79.33	68.27	68.27	48	25.8	11.43	49.63	50.00	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con limo con grava SP SM.
S-4 M-4	0+472	1.05	1.5	94.93	60.9	60.9	22.43	6.4	4.8	- 87.31	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-5 M-1	0+968	0	0.5	92	67.3	67.3	32.57	7.43	4.83	44.87	0.00	44.87	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	Arena mal graduada SP.
S-5 M-2	0+968	0.5	1.5	91.13	60.27	60.27	22.1	7.17	5.43	72.03	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena bien graduada con limo SV SM.
S-6 M-1	1+075	0	0.5	83.57	59.47	59.47	34.17	11.07	5.7	35.55	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con limo con grava SP SM.
S-6 M-2	1+075	0.5	0.8	92.07	70.43	70.43	33.23	8.07	4.93	45.22	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-6 M-3	1+075	0.8	1.5	81.03	45.3	45.3	13.57	2.8	1.97	49.50	50.00	NP	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con grava SP.
S-7 M-1	1+385	0	0.25	91.8	69.17	69.17	25.8	5.43	3.67	46.32	50.00	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.

S-7 M-2	1+385	0.25	0.55	94.63	80.57	80.57	55.07	22.13	12.33	38.16	25.00	13.16	A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa.	Arena limosa SM.
S-7 M-3	1+385	0.55	0.75	92	74.67	74.67	47.63	22.8	11.4	43.33	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con limo SP SM.
S-7 M-4	1+385	0.75	1.05	98.97	64.07	64.07	25.6	8.57	4.47	26.75	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena bien graduada SV.
S-7 M-5	1+385	1.05	1.5	97.87	58.1	58.1	18.4	3.13	2.7	93.37	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-8 M-1	1+586	0	0.2	89.87	55.27	55.27	17.6	3.7	2.27	57.54	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-8 M-2	1+586	0.2	1.5	93.17	76.27	76.27	41.63	8.07	4.4	47.95	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-9 M-1	1+283	0	1.5	92.7	60.3	60.3	22.17	6.17	3.67	50.35	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-10 M-1	0+750	0	1.5	95.73	62.8	62.8	26	6.27	5.27	61.22	150.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con limo SP SM.

S-11 M-1	0+700	0	0.35	82.53	51.17	51.17	22.07	8.2	4.4	43.13	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con grava SP.
S-11 M-2	0+700	0.35	0.45	94	78.5	78.5	41.9	18.17	12.6	43.95	50.00	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena limosa SM.
S-11 M-3	0+700	0.45	1.5	93.7	61.97	61.97	26.4	7.37	5.17	60.83	40.00	20.83	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	Arena bien graduada con limo SV SM.
S-12 M-1	0+230	0	0.5	80.67	47.93	47.93	16.6	4.57	3.17	56.06	100.0	NP	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada con grava SP.
S-12 M-2	0+230	0.5	1.5	91.57	57.93	57.93	23.8	7.97	4.13	66.79	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-13 M-1	0+179	0	0.25	95.27	67.37	67.37	25.67	5.5	3.3	40.90	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.
S-13 M-2	0+179	0.25	1.5	96.53	75.33	75.33	32.53	7.37	3.33	53.08	100.0	NP	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	Arena mal graduada SP.

Fuente: Elaboración propia.

Del total de muestras que se recolectaron se puede observar que, según los resultados arrojados por el trabajo de laboratorio, un 68.6% es un suelo tipo A-1-b, un 14.3% es un suelo tipo A-2-7, un 11.4 es un suelo tipo A-1-a y un 5.7% es un suelo tipo A-2-6.

2.3.4 Proctor Estándar.

La realización del ensayo proctor estándar nos permite conocer el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar un material y la humedad óptima para compactación que éste soporta, éste ensayo se le realizó a una muestra obtenida del Banco de materiales Eduardo Blanco ubicado en Estelí kilómetro 164, salida norte, La Thompson.

Tabla 3: Diferentes pruebas de proctor

Método Proctor	N°	Tamaño molde (cm)	Volumen molde (cm)	Pisón (kg)	N° Capas	Altura Caída (cm)	N° Golpes
Estándar	a	11.64 * 10.16	943.33	2.49	3	30.48	25
Estándar	b	11.64 * 15.24	2123.03	2.49	3	30.48	55
Modificado	c	11.64 * 10.16	943.33	2.49	5	45.72	25
Modificado	d	11.64 * 15.24	2123.03	2.49	5	45.72	55
15 Golpes	e	11.64 * 10.16	943.33	2.49	3	30.48	15

Fuente: Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

Se realizó el ensayo del Proctor estándar a una muestra de 2003 g de suelo, donde se obtuvo como resultado de la granulometría un suelo tipo A-1-a según la clasificación de la AASHTO.

Tabla 4: Resumen análisis granulométrico del banco de materiales.

Sondeo / Estrato	Tamiz de 1/2"	Tamiz de 3/8"	Tamiz de 1/4"	Tamiz N°4	Tamiz N°10	Tamiz N°20	Tamiz N°40	Tamiz N°100	Tamiz N°200	Fondo	L.L	I.P	Clasificación
Banco Eduardo Blanco	142.0 gr	101.0 gr	0 gr	305.0 gr	475.8 gr	103.0 gr	279.0 gr	213.8 gr	146.6 gr	144.4 gr	35%	5%	A-1-a (0)

Fuente: ASYC Laboratorio de Suelos.

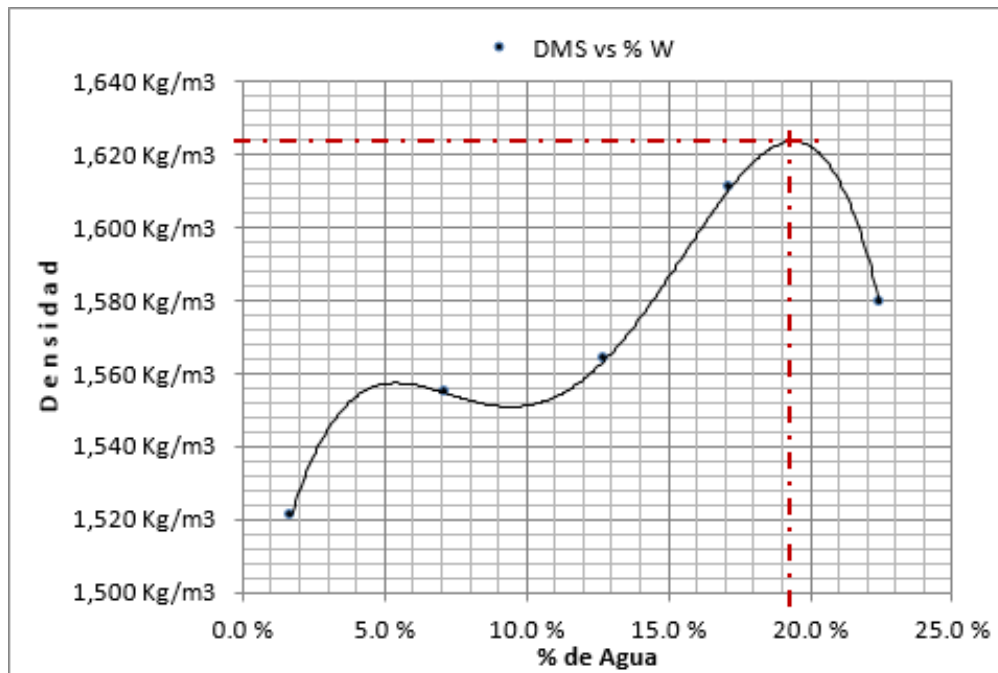
Tabla 5: Resumen de resultados del proctor estándar.

Descripción.	Valores Obtenidos.
% W óptimo	19.00%
γs Máx.	1,624 Kg/m ³

Fuente: Laboratorios ASYC.

Para este tipo de suelo la humedad optima (%W óptimo) es de 19%, con una densidad máxima (γs Máx.) de 1,624 Kg/m³, valores necesarios para el cálculo del CBR del banco de Materiales.

Gráfico 1: Densidad vs % de agua.



Fuente: ASYC Laboratorio de Suelos.

2.3.5 Determinación de CBR (California Bearing Ratio) para el banco de Materiales Eduardo Blanco.

Se realizó el ensayo de CBR bajo la norma AASHTO T-180. Este tipo de ensayo nos permite conocer la capacidad de carga que soportará un suelo sometido a condiciones de humedad y densidades controladas, este nos permitirá evaluar la calidad del material que se usará en la base del diseño de pavimento, este fue realizado por el personal del banco de materiales Eduardo Blanco y a continuación se muestran los resultados que se obtuvieron.

Primeramente, se compactan tres especímenes usando 12, 26 y 56 golpes por capa para compactar los especímenes 1, 2 y 3 respectivamente. Esto para que los límites de su densidad compactadas sean de 85% a 100%. Para este caso el espécimen 1 tiene una compactación del 87%, el espécimen 2 una compactación del 90% y el espécimen 3 una compactación del 95%. Se determina el contenido de humedad del material que está siendo compactado.

Se toma la lectura inicial para medir la expansión, siendo esta igual a cero, luego se sumerge la muestra en agua durante 96 horas, pasado este tiempo se toma la lectura final para medir el hinchamiento.

Tabla 6: Resumen de resultados del ensayo CBR.

Etapa I		Etapa II		Etapa III	
N° de capas	5	N° de capas	5	N° de capas	5
N° de golpes	12	N° de golpes	26	N° de golpes	56
Wm. Vacío	7939 gr	Wm. Vacío	7939 gr	Wm. Vacío	7936
Wm + Mat.	12658	Wm + Mat.	12833	Wm + Mat.	13027
Vol. Molde	2758	Vol. Molde	2813	Vol. Molde	2758
γ Hum.	1,711 Kg/m ³	γ Hum.	1,740 Kg/m ³	γ Hum.	1,846 Kg/m ³
Etapa I / Contenido de agua		Etapa II / Contenido de agua		Etapa III / Contenido de agua	
Wsh =	63.7 gr	Wsh =	63.7 gr	Wsh =	79.3 gr
Wss =	52.9 gr	Wss =	52.9 gr	Wss =	67.2 gr
% Agua =	20.4%	% Agua =	20.4%	% Agua =	18.0%
γ s Máx.	1,421 Kg/m ³	γ s Máx.	1,445 Kg/m ³	γ s Máx.	1,564 Kg/m ³
Etapa I / Hinchamiento		Etapa II / Hinchamiento		Etapa III / Hinchamiento	
L1 =	0.0 mm	L1 =	0.0 mm	L1 =	0.0 mm
L2 =	1.2 mm	L2 =	0.7 mm	L2 =	0.3 mm
% Expansión =	0.9%	% Expansión =	0.6%	% Expansión =	0.24%

Fuente: Laboratorio ASYC

Donde:

- Wm. Vacío = Peso del molde vacío.
- Wm. + Mat. = Peso del molde más peso del material.
- Wsh = Peso de la muestra húmeda.
- Wss = Peso de la muestra seca.
- L1 = Lectura inicial.
- L2 = Lectura final.

Se lleva los especímenes a la prensa donde se les aplicará una carga suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento mediante el mecanismo de la prensa con una velocidad de penetración de 1.27mm por minuto. Se anotan las lecturas de cargas para las penetraciones indicadas.

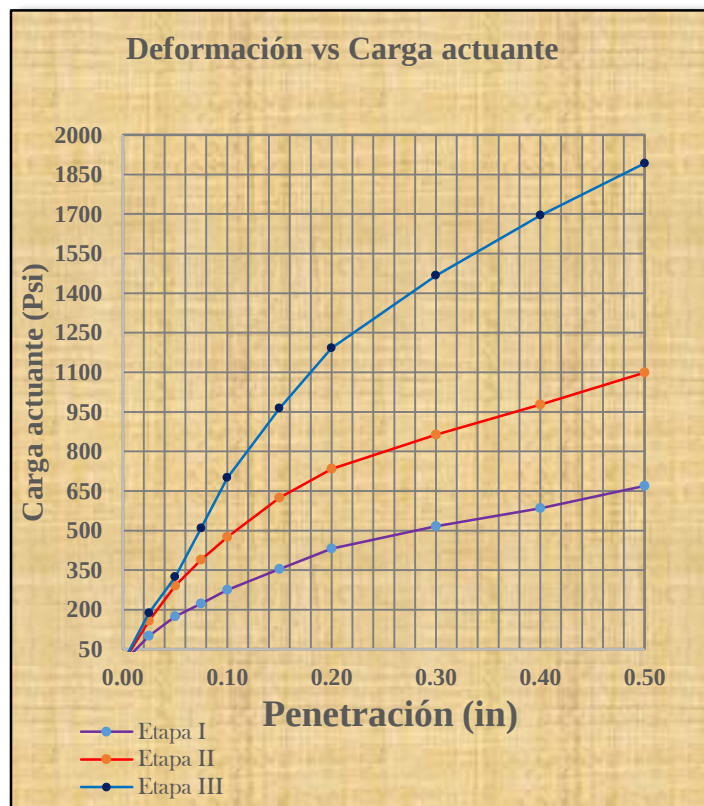
Tabla 7: Compresión de las Muestras

COMPRESIÓN DE MUESTRAS			
Profundidad (in)	Carga Etapa I	Carga Etapa II	Carga Etapa III
0.00	0	0	0
0.03	100	157	188
0.05	174	291	324
0.08	222	388	509
0.10	276	475	700
0.15	353	624	963
0.20	432	733	1192
0.30	517	864	1467
0.40	584	978	1694
0.50	670	1098	1892

Fuente: Laboratorio ASYC

Se dibuja la curva que relacione las cargas actuantes y las penetraciones. Se toman de la curva los valores de presión correspondientes a 0.10 y 0.20 in de penetración.

Gráfico 2: Deformación vs Carga actuante



Fuente: Laboratorio ASYC

Con los valores de penetración obtenidos, se calculan los valores de Relación de soporte correspondientes, dividiendo las presiones correspondientes por los esfuerzos de referencia en este caso 1000 PSI y se multiplica por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 0.1 in de penetración. Cuando la relación a 0.2 in de penetración resulta mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, se usa la relación de soporte para 0.2 in de penetración, como es el caso de este proyecto.

Tabla 8: Resultados del ensayo CBR.

Resultados				
Prueba	Penetración (in)	CBR	Penetración (in)	CBR
Etapa I	0.1	28	0.2	28
Etapa II	0.1	48	0.2	49
Etapa III	0.1	70	0.2	80

Fuente: ASYC Laboratorio de Suelos.

Ya que la compactación de la etapa 3 es igual al 95%, la relación de soporte de 0.2 in es mayor a la de 0.1 in y luego de comprobar el ensayo se obtuvo un valor similar, se usará el valor de CBR de 80% para la base granular.

Capítulo III:

ESTUDIO DE

TRÁFICO

CAPITULO III. ESTUDIO DE TRÁFICO.

3.1 Estudio de Tráfico

El tránsito es la variable más importante para el diseño de una vía, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos, son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento y de esta manera poder calcular los espesores de pavimento. En el estudio de tránsito se realizaron tres etapas para su correcta elaboración:

- Recopilación de datos.
- Procesamiento de información.
- Análisis de la información obtenida.

3.2 Recopilación de Datos

En esta etapa se recopilaron los datos por medio de conteos vehiculares. Se eligió la estación 0+025 ya que está ubicada en la única entrada del barrio Villa Trinidad como se muestra en la figura N° 1, un lugar estratégico que permite captar el tráfico del tramo en estudio. La recolección se realizó en un periodo de tres días durante doce horas, iniciando a las 6:00 am y concluyendo a las 6:00 pm, en los cuales se determinaron: tipo de vehículos, número, tipo y peso de los ejes, el tránsito promedio diario semanal. (Ver anexos, tablas 49-50 y Figura N° 29, pág. XXII - XXVII).

El período para el conteo vehicular inició el día 24 hasta el día 26 de julio del año 2018.

Figura 1: Ubicación del punto del Aforo Vehicular.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3 Clasificación Vehicular

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país (Ver Anexos, Figura N° 30, pág. XXVI)

Vehículos Livianos: Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick-Ups y Microbuses de uso particular.

Vehículos pesados de Pasajeros: Son los vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses pequeños (hasta 15 pasajeros), Microbuses medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y Grandes.

Vehículos Pesados de carga: Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes. Estos vehículos incluyen camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales a 3 toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes del tipo T3S2, T3S3 y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción.

3.4 Procesamiento de los datos.

Se Procesaron los datos recolectados del aforo vehicular en el programa Microsoft Excel.

3.4.1 Proyección del Tránsito.

La proyección de tránsito debe ser desarrollada en base a estimaciones de viajes basados en el uso futuro del suelo, así como de factores socioeconómicos tales como PIB (Producto Interno Bruto), el historial de tránsito de la zona y el crecimiento poblacional.

Los conteos de campo levantados en el sitio es la información obtenida para la posible estimación del tráfico para el cual se pretende diseñar y estimar las proyecciones del tránsito futuro, tomando en cuenta el historial del tráfico de la zona. Para calcular el TPD se usa la siguiente ecuación:

$$TPD = \frac{\text{Total del conteo vehicular por tipo de vehiculo}}{\text{Días del Aforo}} \quad (\text{Ecuación N° 1})$$

TPD = Tránsito Promedio diario.

Tabla 9: Cálculo del Tránsito Promedio Diario.

Día	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga				Otros	Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus >15 s	MnBus	C2 Liv	C2 >5 Ton	C3	T3S2		
Martes	353	401	31	186	18	2	65	30	13	1	4	1104
Miércoles	341	385	26	173	17	3	72	26	14	0	4	1061
Jueves	383	388	31	197	17	5	73	29	13	0	4	1140
Total	1077	1174	88	556	52	10	210	85	40	1	12	3305
TPD	359	391	29	185	17	3	70	28	13	0	4	1102

Fuente: Elaboración Propia.

3.5 Análisis de la Información.

En vista que los datos recolectados son una muestra representativa de un periodo de 3 días, se hace necesario estimar el TPDA. Para este propósito se utilizaron factores de ajustes diario, semanal y de temporada.

Estos factores permiten expandir el volumen del tránsito de la muestra del tramo de vía en estudio. Los factores a utilizar fueron los de la estación de mayor cobertura N° 107 que comprende el tramo de Sebaco – Empalme de San Isidro para el segundo cuatrimestre que comprende de Mayo – Agosto. Se escogió esta estación ya que es la estación de mayor cobertura más cercana al área en estudio. Los valores son los siguientes:

Tabla 10: Factores de Ajustes de la Estación de mayor cobertura N° 107 Sebaco - Empalme San Isidro.

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	1.23	1.3	1.32	1.29	1.36	1.3	1.17	1.3	1.4	1.32	1	1.57	1	1	1.13	2	1.19
Factor Semana	0.96	1	1.02	0.96	0.94	0.98	0.95	0.88	0.86	0.86	1	0.91	1	1	0.86	1	0.92
Factor Fin de Semana	1.11	0.99	0.95	1.13	1.18	1.06	1.15	1.53	1.66	1.74	1	1.35	1	1	1.71	1	1.3
Factor expansión a TPDA	0.61	0.87	0.87	0.94	0.93	0.95	0.9	0.96	0.92	0.87	1.48	1.02	1	1	1.16	0.76	0.83

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico Año 2017. MTI página 280.

Tabla 11: Cálculo del TPDA.

Día	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga				Otros	Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus >15 s	MnBus	C2 Liv	C2 >5 Ton	C3	T3S2		
Martes	353	401	31	186	18	2	65	30	13	1	4	1104
Miércoles	341	385	26	173	17	3	72	26	14	0	4	1061
Jueves	383	388	31	197	17	5	73	29	13	0	4	1140
Total	1077	1174	88	556	52	10	210	85	40	1	12	3305
TPD	359	391	29	185	17	3	70	28	13	0	4	1102
Factor Día	1.23	1.3	1.32	1.29	1.36	1.3	1.3	1.4	1.32	1	1.19	
Factor Semana	0.96	1	1.02	0.96	0.94	0.98	0.88	0.86	0.86	1	0.92	
Factor temporada	0.61	0.87	0.87	0.94	0.93	0.95	0.96	0.92	0.87	1.48	0.83	
TPDA= TD 12H*FD*FS*FT	259	425	32	216	21	4	84	35	15	0	4	1094
Porcentaje de vehículos	33%	55%			2%		10%				0%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito del barrio en estudio se analizaron las siguientes variables: PIB (Producto interno bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito en la zona según datos del MTI.

3.5.1 Producto Interno Bruto.

Es la medida agrandada que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios finales de un país durante un periodo que normalmente es de un año. Se realizó un análisis del comportamiento del producto interno bruto del año 2013 al año 2017, el cual refleja una tasa promedio del 4.84%.

Tabla 12: PIB Nicaragua 2013-2017.

Año	PIB (U\$)	% Crecimiento PIB
2013	1772.8	4.9
2014	1902.2	4.8
2015	2026.7	4.9
2016	2151.4	4.7
2017	2221.8	4.9
Promedio		4.84

Fuente: Anuario de Estadísticas Macroeconómicas. BCN-Nicaragua.

3.5.2 Tasa de crecimiento Poblacional.

Es el cambio en la población en un cierto plazo y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando tiempo por unidad para su medición.

Tabla 13: Tasa de crecimiento Poblacional (2013-2017).

Año	Población	Tasa de Crecimiento
2013	22,240	0.5%
2014	22,373	0.6%
2015	22,516	0.6%
2016	22,653	0.6%
2017	22,785	0.6%
Promedio		0.6%

Fuente: Datos Municipales de la Alcaldía de La Trinidad.

3.5.3 Historial de Tránsito de la Zona.

La tasa de crecimiento Vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tránsito, en base a estudios anteriores del tramo en estudio u otras vías de naturaleza similar. Para el presente tramo se ha encontrado información histórica o estadística de tránsito en el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) (Ver anexos, Figura N° 31, pág. XXIX)

El proyecto en estudio presenta los siguientes registros históricos en el periodo (2013-2017), durante este ha presentado un comportamiento variable que va de 4954 vpd en el año 2013, a 8393 vpd en el año 2017.

Tabla 14: TPDA Histórico. Estación de control N° 107.

Año	TPDA	Tasa de Crecimiento
2013	4954	4.60%
2014	5350	4.79%
2015	5994	5.16%
2016	6935	5.66%
2017	8393	6.35%
Promedio		5.31%

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2017. Página 17.

Una vez analizadas las tasas de crecimiento del PIB (4.84%), la tasa de crecimiento poblacional (0.6%) y tomando en cuenta el TPDA histórico del anuario de aforos de tráfico del MTI del año 2017 para la estación de mayor cobertura N° 107, donde se muestra que el TPDA para 2013 fue de 4,954 vpd y para el año 2017 fue de 8,393 vpd, esto nos indica que hay un crecimiento vehicular considerable en los últimos años.

Debido a todo lo expuesto anteriormente se asumirá una tasa de 3%, considerando que esta es la que mejor se ajusta a las expectativas de crecimiento ya que como podemos observar el área de influencia es muy transitada.

3.5.4 Clasificación de la Vía.

La clasificación de la vía es el proceso por medio del cual las calles y carreteras son organizadas dentro de un sistema funcional, de acuerdo con el carácter de servicio que prestan y que ayude a seleccionar los factores apropiados de tránsito y otras variables que sean necesarias, según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15: Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de superficie de rodadura.

Función	Clase de Carretera	Nomenclatura	TPD (año final de diseño)	Número de Carriles
Arterial Principal	Autopistas	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 Urbano	CU	500-3,000	2
Local	Local Rural	LR	100-500	2
	Local Urbano	LU	100-500	2
	Rural	R	<100	1-2

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA, 2001.

Por lo tanto, la vía en estudio se clasifica funcionalmente como Colector menor urbana – CU, basándonos en su TPDA que fue de 1673 el cual cabe en el rango TPDA = 500-3000 establecido por la SIECA 2001 y su manual.

3.5.5 Periodo de Diseño.

Es el tiempo durante el cual la estructura que se diseña deberá operar con un nivel de serviciabilidad superior al mínimo sin requerir de acciones de conservación diferente a la del mantenimiento rutinario.

Tabla 16: Periodos de Diseño.

Tipo de carretera	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20-40 Años
Troncales Suburbanas	15-30 Años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10-20 Años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA, 2001.

Basándonos en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, el periodo de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificándola como colectora menor Urbana, es de 10 a 20 años. Para efecto de diseño el periodo a utilizar en el presente proyecto es de 15 años.

3.5.6 Tránsito de Diseño.

En vista que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tránsito actual, así como en los incrementos de tránsito que se espera utilicen la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro.

Es necesario determinar el periodo de proyección del tráfico, el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de crecimiento que se han determinado con anterioridad. El tránsito proyectado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Td = T_0 * FC * FD * fc \quad \text{(Ecuación N° 2)}$$

Donde:

- Td=Tránsito de diseño
- T₀= Tránsito Inicial en el año 0
- FC= Factor de Crecimiento
- FD= Factor de Distribución Direccional
- fc= Factor Carril

3.5.7 Transito Inicial en el año 0 (To)

Es el TPD inicial determinado a partir del conteo vehicular que se realiza en el tramo a diseñar.

3.5.8 Factor de Crecimiento (FC)

Esta dado en función por el periodo de diseño y la tasa de crecimiento vehicular, el cual puede variar en dependencia del tipo de vehículo.

Su ecuación es:

$$FC = 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{(Ecuación N° 3)}$$

Donde:

- Fc = Factor de Crecimiento
- i = Tasa de Crecimiento
- n = Periodo de diseño

Sustituyendo en la ecuación, se obtiene el factor de crecimiento:

$$i = 3\% \quad n = 15 \text{ años}$$

$$FC = 365 * \frac{(1+0.03)^{15} - 1}{0.03} \quad \text{(Ecuación N° 4)}$$

$$FC = 6789$$

3.5.9 Factor de Distribución Direccional (Fd).

Se expresa con la relación que existe entre el tráfico y el sentido de circulación, su valor generalmente es de 0.5 para flujo vehicular en ambas direcciones y 1 si posee un solo sentido. La característica más general es que el transito se divida 50% en un sentido y 50% en el otro.

Tabla 17: Factor de distribución direccional.

N° de Carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 a más	40

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA, 2001.

3.5.10 Factor Carril (fca).

Es el número de carriles por sentido para los cuales se está diseñando.

Tabla 18: Factor de distribución según el número de carriles.

N° de Carriles en cada dirección	Factor carril.
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Libro de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición – Año 2006. Página 58

El factor carril a utilizar será del 100%

3.5.11 Cálculo de Tránsito de Diseño.

Tabla 19: Cálculo de Tránsito de Diseño.

Vehículo	To	F. Crecimiento	F. Carril	F. Direccional	T. Diseño
Motos	259	6789	1	0.5	877761
Autos	425	6789	1	0.5	1442303
Jeep	32	6789	1	0.5	109775
Camioneta	216	6789	1	0.5	732349
McBus>15	21	6789	1	0.5	71442
MnBus	4	6789	1	0.5	13415
C2 Liv	84	6789	1	0.5	284682
C2 >5 Ton	35	6789	1	0.5	118922
C3	15	6789	1	0.5	49898
T3S2	0.47	6789	1	0.5	1608
Otros	4	6789	1	0.5	12875
Total	1094				3,715,028

Fuente: Elaboración Propia

Realizando los cálculos correspondientes, utilizando una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel, se obtuvo un tránsito de diseño de **3,715,028 vpd.**

CAPÍTULO IV:

DISEÑO DE

ESTRUCTURA DE

PAVIMENTO

CAPITULO IV. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

El diseño de pavimentos consiste en determinar cada uno de los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura. Este diseño está basado en los estudios del tránsito y las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como otras variables descritas en este capítulo. El método utilizado para efectuar el diseño, fue el de la AASHTO-93.

4.1 Índice de Serviciabilidad.

En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y la final. La inicial p_0 , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final p_t , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista. Los valores recomendados se obtuvieron en el AASHTO Road Test:

- $p_0 = 4.2$ para pavimentos flexibles
- $p_0 = 4.5$ para pavimentos rígidos
- $p_t = 2.5$ para caminos muy importantes
- $p_t = 2.0$ para caminos de menor tránsito

Para este diseño se utilizará $p_0 = 4.2$ y $p_t = 2.0$

4.2 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI).

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la inicial y la final. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \quad \text{(Ecuación N° 5)}$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

4.3 Análisis y Cargas de ejes equivalentes para el diseño de pavimento.

Los factores de equivalencia se obtienen de las tablas de la AASHTO 93, de los ejes sencillos y dobles (Ver anexos, figuras 33 - 34, pág. XXXI - XXXII). Los ejes equivalentes se obtienen conociendo el tránsito de diseño y los factores de equivalencia, mediante la siguiente expresión:

$$ESAL \text{ o } W18 = Td * Factor \text{ ESALs} \quad \textbf{(Ecuación N° 6)}$$

Para realizar el cálculo del ESAL's de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por el camino durante el periodo de diseño, y el factor de equivalencia de carga. Para obtener dicho factor se considera una serviciabilidad final de 2.0, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un coeficiente estructural de SN = 5.

El cálculo de ESAL's de diseño se muestra en la siguiente página.

Tabla 20: Cálculo de Ejes equivalentes de 18kips.

Vehiculo	To	Peso por eje Libras	Peso por eje kips	Tipo de eje	TD	ESAL's	ESAL's de Diseño
Autos	425	2200	2.2	SIMPLE	1442303	0.0002	288
		2200	2.2	SIMPLE	1442303	0.0002	288
Jeep	32	2200	2.2	SIMPLE	109775	0.0002	22
		2200	2.2	SIMPLE	109775	0.0002	22
Camioneta	216	2200	2.2	SIMPLE	732349	0.0002	146
		4400	4.4	SIMPLE	732349	0.002	1465
McBus>15	21	4400	4.4	SIMPLE	71442	0.002	143
		6600	6.6	SIMPLE	71442	0.009	643
MnBus	4	6600	6.6	SIMPLE	13415	0.009	121
		11000	11	SIMPLE	13415	0.174	2334
C2 Liv	84	9900	9.9	SIMPLE	284682	0.079	22490
		12100	12.1	SIMPLE	284682	0.174	49535
C2 >5 Ton	35	11000	11	SIMPLE	118922	0.174	20692
		22000	22	SIMPLE	118922	2.35	279466
C3	15	11000	11	SIMPLE	49898	0.174	8682
		36300	36.3	DOBLE	49898	1.38	68859
T3S2	0.474	11000	11	SIMPLE	1608	0.174	280
		35200	35.2	DOBLE	1608	1.38	2219
		35200	35.2	DOBLE	1608	1.38	2219
TOTAL	1091						459,913

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño del tramo de la vía en estudio se obtuvo un valor de:

ESAL o W18 = 459,913 Ejes equivalentes por carril de diseño

4.3.1 Determinación del CBR de diseño.

El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en kilos sobre centímetros cuadrados dentro de la muestra compactada de un suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas de humedad óptima para el suelo específico, utilizando el ensayo de compactación estándar.

En la siguiente tabla se muestran los valores aproximados de CBR, obtenidos mediante la tabla de correlación entre tipo de suelo y CBR (Ver anexos del capítulo IV, Figura N° 35, pág. XXXIII)

Tabla 21: Límites de resistencia.

Muestra	Clasificación AASHTO	CBR (%)
S-1 M-1	A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa.	17
S-1 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-1 M-3	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	14
S-1 M-4	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	14
S-2 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-2 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-2 M-3	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	50
S-2 M-4	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	14
S-3 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-3 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-4 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-4 M-2	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	50
S-4 M-3	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-4 M-4	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-5 M-1	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	14
S-5 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-6 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-6 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-6 M-3	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	50

S-7 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-7 M-2	A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa.	17
S-7 M-3	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-7 M-4	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-7 M-5	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-8 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-8 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-9 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-10 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-11 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-11 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-11 M-3	A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa.	14
S-12 M-1	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.	50
S-12 M-2	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-13 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30
S-13 M-1	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.	30

Fuente: ASYC Laboratorio de Suelos.

Según el criterio más difundido para la determinación del valor de la resistencia del diseño (CBR de diseño para la subrasante propuesto por el Instituto del Asfalto), recomienda utilizar un valor total percentil de acuerdo al tránsito que se espera circule por la vía, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22: Límite de selección de resistencia.

N° de ejes de 8.2 toneladas en el carril de Diseño (N).	Percentil a seleccionar para encontrar la resistencia.
< 10 ⁴	60%
10 ⁴ - 10 ⁶	75%
> 10 ⁶	87.50%

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejó. Segunda Edición 2001.

Página 68.

Para este estudio en particular el valor del ESAL es de **459,913** por lo tanto el valor del percentil a utilizar es de 75%.

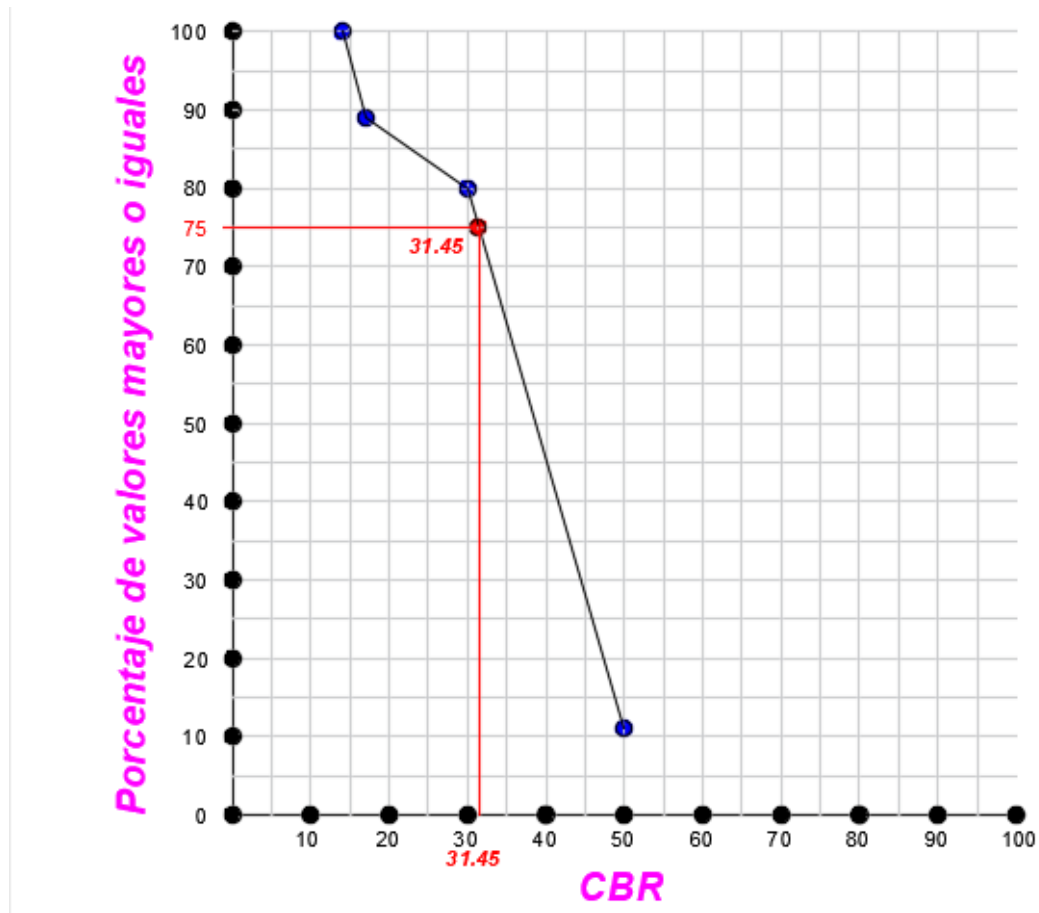
Tabla 23: Porcentajes de valores iguales o mayores.

CBR	Frecuencia	N° de valores iguales o mayores	% de valores iguales a mayores
14	5	35	100%
17	2	30	86%
30	24	28	80%
50	4	4	11%

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejó. Segunda Edición 2001.

Página 70.

Gráfico 3: Selección de CBR de diseño.



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica mostrada nos permite conocer el valor exacto para el CBR de diseño que se usará para diseñar la subrasante del sistema de pavimento, haciendo una

relación del porcentaje de valores mayores o iguales y del CBR del sitio, en este caso el resultado arrojado según los cálculos es de 31.45%.

4.4 Confiabilidad (R).

La confiabilidad pretende incorporar algún grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de este se mantengan para el período de análisis. El factor de confiabilidad de diseño tiene en cuenta variaciones al azar tanto en las predicciones del tránsito como en las predicciones del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza (R) en que los tramos del pavimento sobrevivirán al período para el cual fueron diseñados.

Tabla 24: Niveles de Confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes.

Tipo de Camino	Confiabilidad Recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rurales Interestatales y Autopistas	85-99.9	80-99.9
Arteriales Principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Libro de diseño de Pavimentos AASHTO 93. Tercera Edición. Página 137.

Se asume un valor de confiabilidad de $R = 85\%$ por estar en el rango propuesto por la AASHTO, por ser Colector menor Urbana. Además, porque el tránsito que utilizará ésta vía es mayormente liviano.

4.5 Desviación STANDARD (S_0)

Para la estimación de la desviación estándar, el manual centroamericano para diseño de pavimento ha dispuesto ciertos valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes.

Tabla 25: Desviación STANDARD para Pavimentos Rígidos y Flexibles.

Tipo de Pavimento	Desviación STANDARD
Para Pavimentos Flexibles	0.40-0.50
En construcción nueva	0.35-0.40
En sobre-capas	0.5

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos, SIECA. Capítulo 7 página 5.

Para este estudio se asume un valor de $S_0=0.45$ por ser un pavimento flexible.

4.6 Coeficiente de Drenaje.

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

El método deja en libertad al ingeniero de diseño para identificar cual nivel o calidad de drenaje se logra bajo una serie específica de condiciones de drenaje.

Tabla 26: Coeficiente de Drenaje para Pavimentos Flexibles.

Calidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.70	0.40

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 148.

El valor tomado para este diseño fue de 1, ya que se asume una calidad de drenaje bueno.

4.7 Módulo Resiliente.

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas.

Esta propiedad caracteriza los materiales de la subrasante, a través de ensayos se han podido determinar que:

$$\text{CBR} < 10 \quad \text{MR (PSI)} = 1500 * \text{CBR} \quad \text{(Ecuación N°. 7)}$$

$$\text{CBR} > 20 \quad \text{MR (PSI)} = 4326 * \ln \text{CBR} + 241 \quad \text{(Ecuación N°. 8)}$$

Como se determina que el CBR de la subrasante de la vía en estudio es de 31.45, se utilizará la ecuación N° 8.

$$\text{MR (PSI)} = 4326 * \ln (31.45) + 241$$

$$\text{MR (PSI)} = 15,159 \text{ PSI}$$

El módulo resiliente de la base, se calculó por medio del nomograma de relación entre el coeficiente para base granular y distintos parámetros resistentes (Ver gráfico N° 4, pág. 44).

4.8 Coeficientes Estructurales o de Capas.

Son factores estructurales que involucran las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, para servir como componente estructural del pavimento.

Estos coeficientes son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material. No obstante, estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.

El método de la AASHTO 93, designa la aplicación de nomogramas para la estimación de estos valores, dependiendo del tipo de pavimento que se construya.

4.8.1 Cálculo Manual de Espesores.

Debido a que el material para este diseño se extraerá de un solo banco de materiales, no se propone sub-base.

4.8.2 Coeficiente estructural a_1 .

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

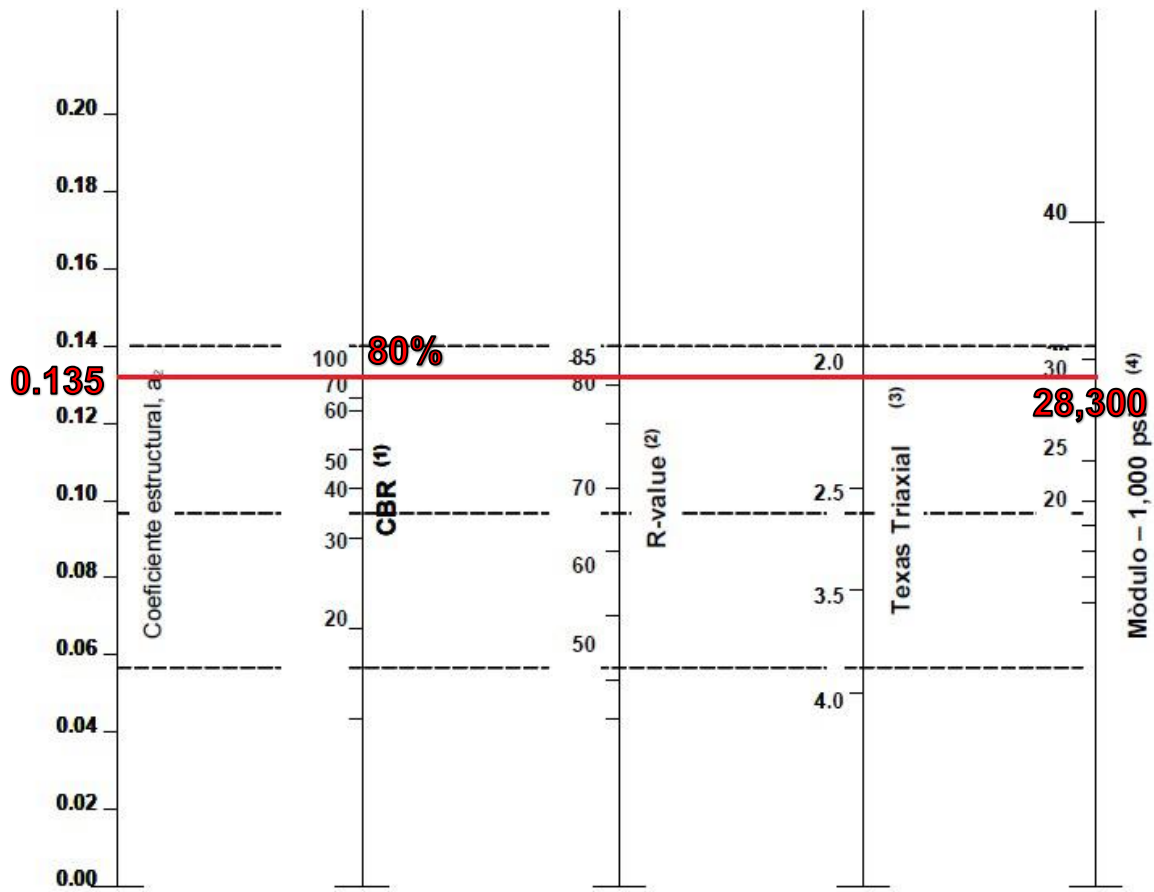
Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de $a_1 = 0.45$, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO.

4.8.3 Coeficiente estructural a_2 .

El coeficiente estructural a_2 se obtuvo mediante la aplicación del nomograma para base granular proporcionado por la guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993).

El valor de CBR para el cálculo de la base es igual a CBR= 80% (Ver tabla 8, pág. 19). De acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo un coeficiente estructural $a_2 = 0.134$ y un módulo resiliente para base granular de $M_r = 28300$ PSI

Gráfico 4: Obtención del Coeficiente estructural a_2 y el Módulo Resiliente para Base granular.



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993.

4.9 Número Estructural.

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

El numero estructural se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{(Ecuación N° 9)}$$

4.9.1 Cálculo de los espesores de las capas.

Capa de Rodamiento: Adoquín.

$$SN1 = a1 * D1 * m1$$

(Ecuación N° 10)

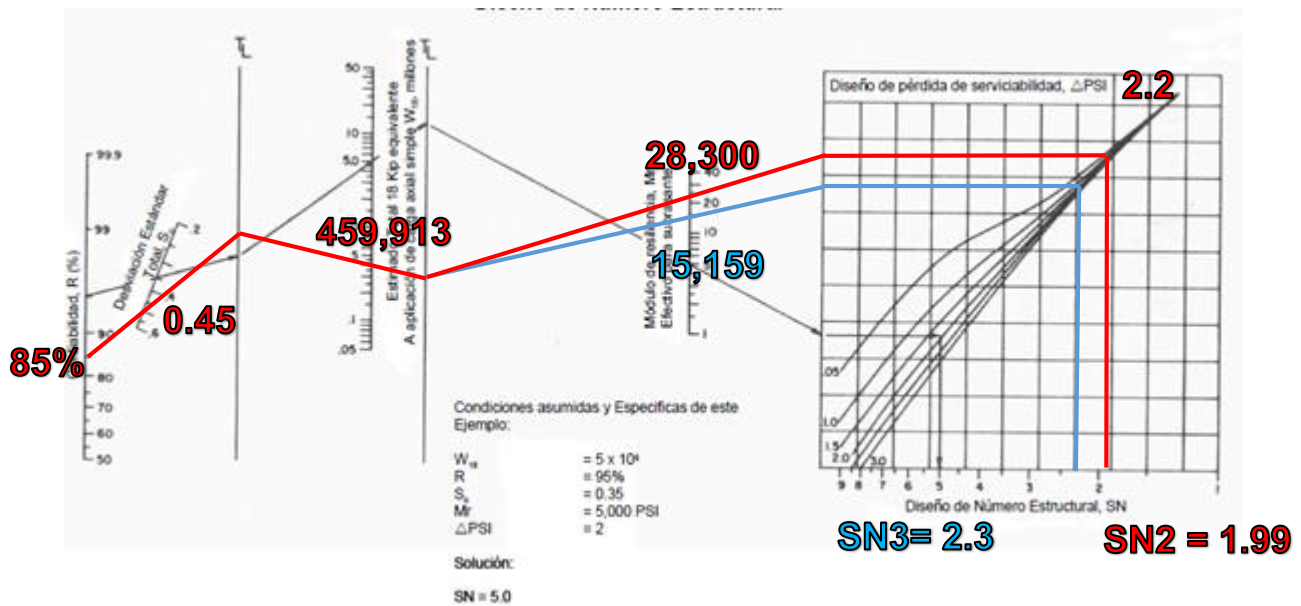
El número estructural absorbido por esta capa es:

$$SN1 = 0.45 * 4 * 1$$

$$SN1 = 1.8$$

Para el cálculo de SN2 y SN3 (Requerido) se utilizó el Ábaco establecido por la guía para pavimento (AASHTO 93) obteniendo un **SN2 = 1.99** y **SN3=2.3**.

Gráfico 5: Obtención del Coeficiente estructural a_2 y el Módulo Resiliente, para Base granular.



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993.

Calculo del espesor de la Base (D2).

$$D2 = (SN2 - SN1) / (a2 * m2)$$

(Ecuación N° 11)

$$D2 = \frac{1.99 - 1.8}{0.134 * 1}$$

$$D2 = 1.42'' \approx 3.60 \text{ cm}$$

De acuerdo a la Tabla 28, de espesores mínimos sugeridos por capas resulta que para el ESAL's de diseño de 459,913 el espesor mínimo de la base granular es de 10cm $\approx$ 4".

Tabla 27: Espesores mínimos sugeridos por capa.:

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1993.

Corrigiendo el número estructural:

$$SN2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{(Ecuación N° 12)}$$

$$SN2 = (0.134) * (4) * (1)$$

$$SN2 = 0.536$$

Comprobando:

$$SN1 + SN2 \geq SN3 \text{ req.} \quad \text{(Ecuación N° 13)}$$

$$1.8 + 0.536 \geq 2.3$$

$$2.336 \geq 2.3 \text{ OK!}$$

4.10 Espesores de estructura de Pavimentos.

La carpeta de rodamiento del barrio Villa Trinidad (1.65 km) será de 4", en este caso se utilizará adoquín y la base granular será de 4". Los espesores se detallan a continuación:

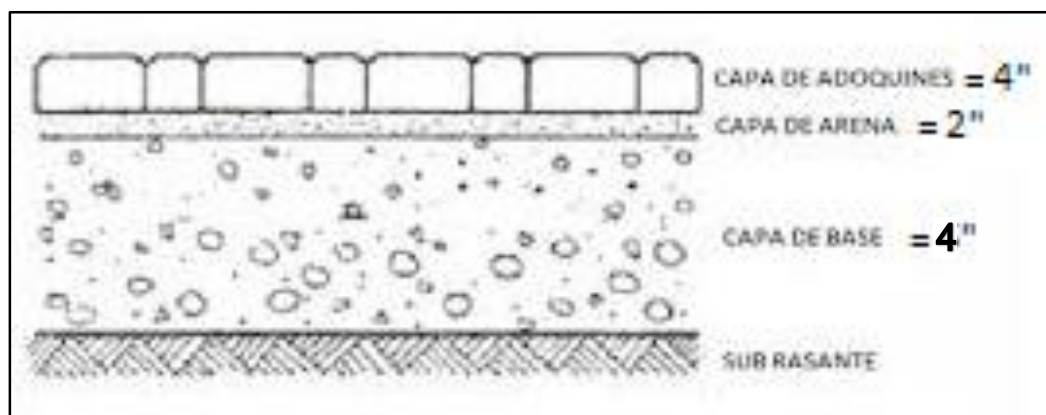
Tabla 28: Espesores de estructura de Pavimento.

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de Rodamiento	4	10
Capa de Arena	2	5
Base Granular	4	10
Espesor total	8	20

Fuente: Elaboración Propia.

Al utilizar adoquín como carpeta de rodamiento, el espesor de la cama de arena de 5cm no se toma encuentra en la suma total del espesor requerido, dado que se considera que la cama de arena no tiene ningún aporte estructural, por lo tanto, el espesor de la estructura de pavimento es de 8”.

Figura 2: Estructura de Pavimento.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29: Resumen de datos para calcular espesores en el programa WinPas12.

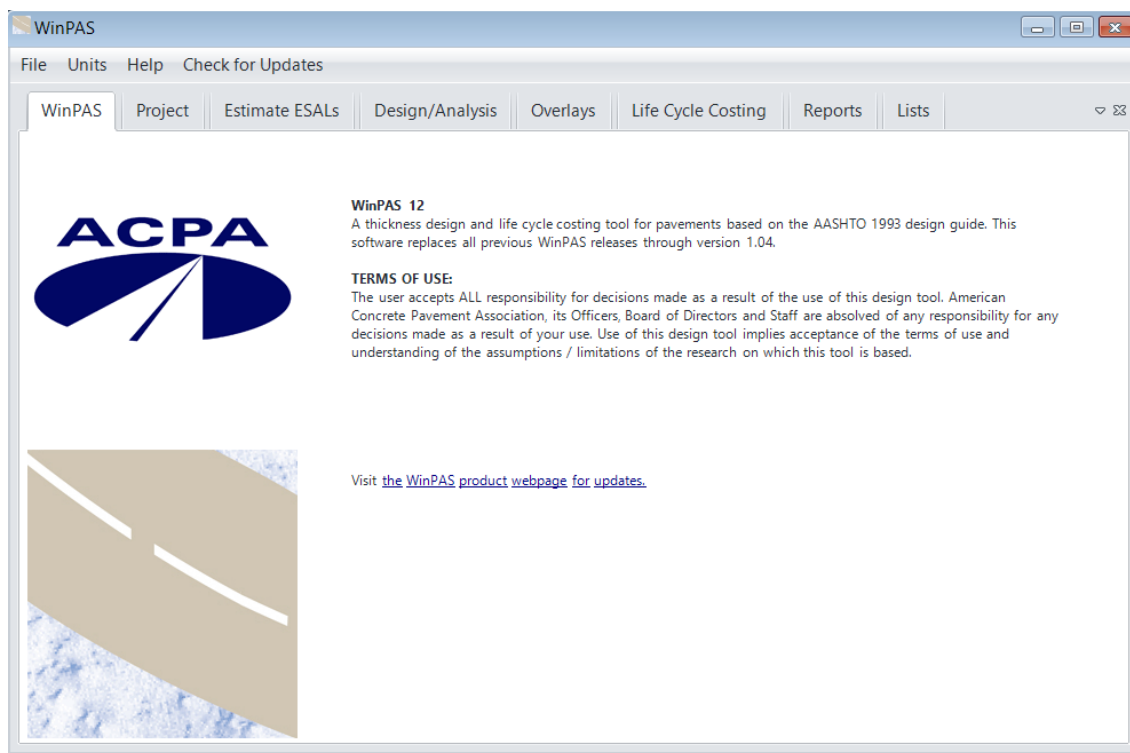
Variables	Valores
ESAL's	459,913
Confiabilidad	85
Desviación Estandar	0.45
Serviciabilidad Inicial	4.2
Serviciabilidad Final	2
Módulo Resiliente	15,159
Coeficiente de drenaje	1
Coeficiente de capa a1	0.45
Coeficiente de capa a2	0.134
Δ PSI	2.2

Fuente: Elaboración Propia.

4.11 Procesamiento de datos en el software WinPas 12.

Para comprobar y comparar los resultados obtenidos en los cálculos manuales, se determinaron los espesores de las capas de pavimento utilizando el programa WinPas 12.

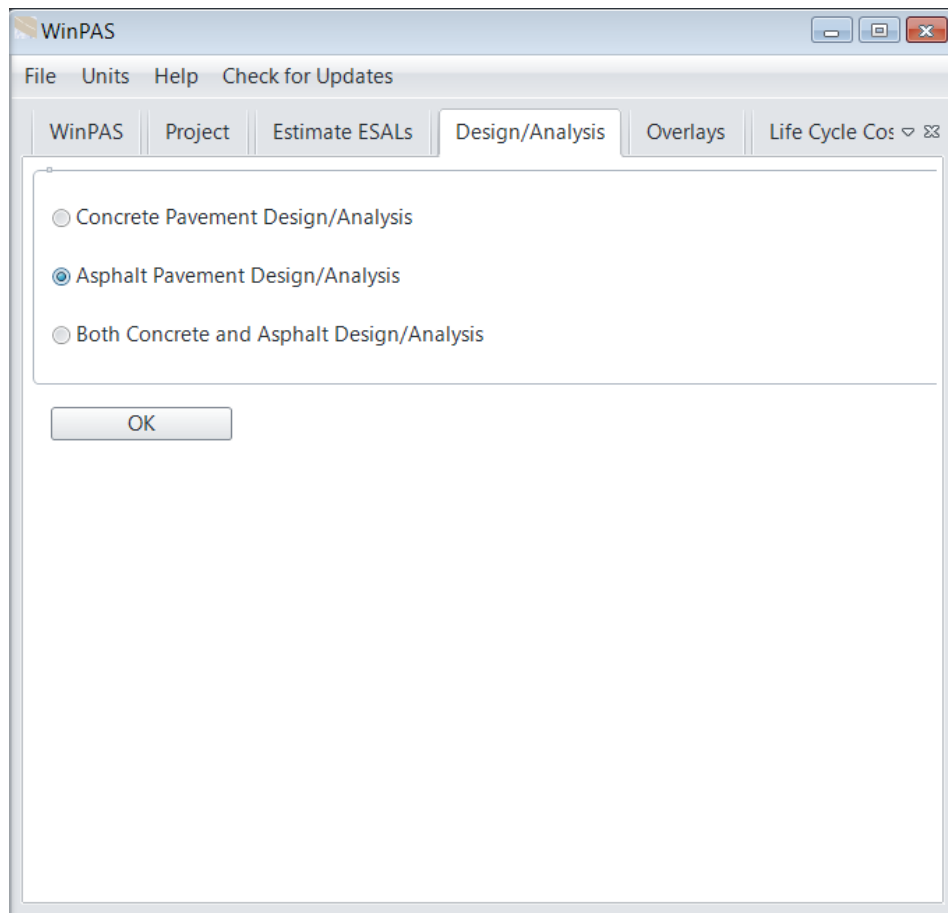
Figura 3: Software WinPas 12.



Fuente: Software WinPas 12 versión 1.04.

El primer paso es seleccionar la pestaña Design/Analysis donde aparecerán tres opciones de diseño, en este caso se selecciona la opción 2 Asphalt Pavement Design/Analysis y damos clic en OK.

Figura 4: Selección del tipo de Pavimento.



Fuente: Software WinPas 12 versión 1.04

Se abrirá otra ventana donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño.

Figura 5: Introducción de datos en WinPas.

Asphalt Design Inputs

Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs

Asphalt Structural Number 0.00

Calculate Asphalt Structural Number

Total Flexible ESALs 459,913

Reliability 85.00 %

Overall Standard Deviation 0.45

Subgrade Resilient Modulus 15,159.0 psi

Initial Serviceability 4.20

Terminal Serviceability 2

Save and Close

Help

Asphalt Pavement Design/Analysis

Warning! Input Value Changed, Press Solve For to Recalculate

Solve For

Fuente: Software WinPas 12 versión 1.04

Después de dar clic en el botón Solve For, según el software WinPas se requiere un SN=2.24

Figura 6: Calculo de SN en WinPas.

Asphalt Design Inputs

Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs

Asphalt Structural Number 2.20

Calculate Asphalt Structural Number

Total Flexible ESALs 459,913

Reliability 85.00 %

Overall Standard Deviation 0.45

Subgrade Resilient Modulus 15,159.0 psi

Initial Serviceability 4.20

Terminal Serviceability 2.00

Save and Close

Help

Asphalt Pavement Design/Analysis

Asphalt Structural Number: 2.20 Solve For

Fuente: Software WinPas 12 versión 1.04

Luego se propone la estructura de pavimento, entrando en la pestaña Calculate Asphalt Structural Number.

Figura 7: Introducción de las capas de diseño.

Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient, m	Layer Thickness	Layer Struct No, SNi	Additional Thickness
Graded Stone Base	0.134	1	4	0.54	
Asphalt Cement Concrete	0.45	1	4	1.8	
				0	
				0	
				0	
				0	

Sum of SN 2.34
SN 2.20

Save and Close Help OK

Fuente: Software WinPas 12 versión 1.04

Al comparar la sumatoria de los números estructurales, podemos apreciar que en los cálculos manuales el valor fue de $2.336 \approx 2.34$, valor igual al obtenido mediante los cálculos en el software WinPas 12, por lo que podemos concluir que los cálculos realizados manualmente están correctos.

Capítulo V:

ESTUDIO

HIDROLÓGICO

CAPITULO V. ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Este estudio estará dividido en dos partes, la primera será un análisis hidrológico, en este se utilizarán los datos de la intensidad de las precipitaciones en la estación pluviométrica que se encuentre más cercana a la zona de incidencia, seguido del análisis hidráulico, que nos permitirá realizar el diseño correcto del sistema de drenaje con el que contará el diseño de pavimento a realizar.

El estudio Hidrológico permite determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. De acuerdo a la guía hidráulica para el diseño de Estructuras de drenaje en caminos rurales, el estudio hidrológico se divide según el tamaño en: Método para cuencas menores y cuencas medianas.

El área de estudio es de 211 hectáreas donde se localizaron dos micro-cuencas (VT-1 y VT-2) cuyas longitudes son 2.22 km y 1.74 km respectivamente (Ver anexos, Figura N° 78, pág. LII).

5.1 Método Racional.

El método racional es utilizado para cuencas menores a 300 hectáreas, este determina el caudal de diseño de una cuenca pequeña. Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

El método racional está representado por la siguiente ecuación:

$$Q = 0.2778 * C * I * A \quad \text{(Ecuación N° 14)}$$

Donde:

- **Q:** Caudal (m^3/s)
- **I:** Intensidad de la lluvia (mm/hr)
- **A:** Área de drenaje de la sub-cuenca (km^2)
- **C:** Coeficiente de escorrentía.

5.1.1 Identificación de Micro-cuencas.

El tamaño de la sub-cuenca está determinado por las limitaciones del método racional que se aplica en cuencas cuya área es menor a 300 Ha. Para cada subcuenca se determinan las características hidrometeorológicas como son: área, longitud, pendiente, tiempo de concentración, intensidad, duración, frecuencia y caudal.

Para determinar el área de drenaje existen diferentes métodos. En este caso se utilizó un mapa geodésico escala 1:50000 y el software AutoCAD 2017 (Ver anexos, figura N° 78, pág. LII).

A continuación, se presentan las características de las micro-cuencas, cunetas y badenes:

Tabla 30: Características de Micro-cuencas.

Micro Cuenca	Perímetro (m)	Área (m ²)	Área (km ²)	Long de cuenca (m)	Elev. Superior (msnm)	Elev. Inferior (msnm)
VT-1	6659.110	384778.188	0.385	2221.942	820	630
VT-2	4909.754	80606.987	0.081	1736.592	730	630

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31: Características de Cunetas.

Cuneta	Perímetro (m)	Área (m ²)	Área (km ²)	Long de cuenca (m)	Elev. Superior (msnm)	Elev. Inferior (msnm)
C-VT-1	175.851	1694.272	0.0016943	170.640	616	614
C-VT-2	393.270	6455.283	0.0064553	374.429	617	614
C-VT-3	520.7	11213.072	0.0112131	474.930	617	614
C-VT-4	560.35	9853.071	0.0098531	521.909	617	614
C-VT-5	70.65	411.894	0.0004119	62.502	617	616
C-VT-6	589.654	9717.676	0.0097177	506.723	617	614
C-VT-7	550.322	8805.584	0.0088056	483.913	618	614
C-VT-8	400.12	8101.059	0.0081011	318.955	618	614
C-VT-9	22.897	29.436	0.0000294	16.014	615	614
C-VT-10	80.589	202.2	0.0002022	51.71	615	614
C-VT-11	74.554	165.732	0.0001657	57.863	615	614
C-VT-12	40.668	65.175	0.0000652	39.792	615	614
C-VT-13	150.998	202.88	0.0002029	119.893	616	614

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32: Características de Badenes.

Badén	Perímetro (m)	Área (m ²)	Área (km ²)	Long de cuenca (m)	Elev. Superior (msnm)	Elev. Inferior (msnm)
B-VT-1	13.563	0.223	0.0000002	9.264	615	615
B-VT-2	10.633	1.349	0.0000013	7.758	615	615
B-VT-3	9.187	0.941	0.0000009	6.650	614	614
B-VT-4	8.987	0.783	0.0000008	5.845	616	616
B-VT-5	10.689	0.206	0.0000002	4.573	614	614

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2 Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía C esta dado en dependencia de tres factores: tipo de suelo, uso de suelo y pendiente del terreno. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$C = Us * Ts * Pt \quad \text{(Ecuación N° 15)}$$

Donde:

- Us: Uso de suelo
- Ts: Tipo de suelo
- Pt: Pendiente del terreno en %

Estos valores son tomados de la tabla siguiente:

Tabla 33: Coeficiente de escorrentía (C)

Uso del Suelo	Us
Vegetación densa, bosques, cafetal con sombras, pastos	0.04
Malezas, arbustos, solar baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos.	0.06
Sin vegetación o con cultivos anuales	0.10
Zonas suburbanas (Vivienda, negocios)	0.20
Casco urbano y zonas industriales	0.30 - 0.50
Tipo de suelo	Ts
Permeable (Terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1
Semipermeable Terreno arcilloso arenoso)	1.25
Impermeable (Terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendiente del Terreno (%)	Pt
0.0 - 3.0	1.00
3.1 - 5.0	1.50
5.1 - 10.0	2.00
10.1 - 20.0	2.50
20.1 y más	3.00

Fuente: Loaisiga Tirado y Lanza (2011)

Los valores del tipo de suelo, uso de suelo y pendiente del suelo para las micro-cuencas, cunetas y badenes son los siguientes:

Tabla 34: Datos de Us, Ts y Pt para Micro-cuencas.

Micro cuenca	Uso de suelo	Us	Tipo de suelo	Ts	Pendiente del terreno %	Pt	Coefficiente de escorrentía (C)
VT-1	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	5.1 - 10.00	2	0.4
VT-2	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	5.1 - 10.00	2	0.4

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 35: Datos de Us, Ts y Pt para Cunetas.

Cuneta	Uso de suelo	Us	Tipo de suelo	Ts	Pendiente del terreno %	Pt	Coefficiente de escorrentía (C)
C-VT-1	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-2	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-3	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-4	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-5	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-6	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-7	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-8	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-9	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	5.1 - 10.0	2	0.4

C-VT-10	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-11	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-12	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
C-VT-13	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 36: Datos de Us, Ts y Pt para Badenes.

Badén	Uso de suelo	Us	Tipo de suelo	Ts	Pendiente del terreno %	Pt	Coefficiente de escorrentía (C)
B-VT-1	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
B-VT-2	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
B-VT-3	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
B-VT-4	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2
B-VT-5	Zonas suburbanas	0.2	Permeable	1	0.00 - 3.00	1	0.2

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.3 Pendiente (Sc).

La pendiente se calcula con la siguiente ecuación:

$$Sc = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad \text{(Ecuación N° 16)}$$

Donde:

- **Sc:** Pendiente en m/m.

- **Hmáx:** Elevación máxima de sub-cuenca.
- **Hmin:** Elevación mínima de sub-cuenca.
- **L:** Longitud.

Los valores de pendiente para micro-cuencas, cunetas y badenes son los siguientes:

Tabla 37: Valores de pendiente para micro-cuencas.

Micro Cuenca	Long de cuenca (m)	Elev. Superior (msnm)	Elev. Inferior (msnm)	Sc	
				m/m	%
VT-1	2221.942	820	630	0.085510783	8.551078291
VT-2	1736.592	730	630	0.05758405	5.758404968

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 38: Valores de pendiente para Cunetas.

Cuneta	Long de cuenca (m)	Elev. Superior (msnm)	Elev. Inferior (msnm)	Sc	
				m/m	%
C-VT-1	170.640	616	614	0.011721	1.172058
C-VT-2	374.429	617	614	0.008012	0.801220
C-VT-3	474.930	617	614	0.006317	0.631672
C-VT-4	521.909	617	614	0.005748	0.574813
C-VT-5	62.502	617	616	0.015999	1.599949
C-VT-6	506.723	617	614	0.005920	0.592039
C-VT-7	483.913	618	614	0.008266	0.826595
C-VT-8	318.955	618	614	0.012541	1.254095
C-VT-9	16.014	615	614	0.062445	6.244536
C-VT-10	51.710	615	614	0.019339	1.933862
C-VT-11	57.863	615	614	0.017282	1.728220
C-VT-12	39.792	615	614	0.025131	2.513068
C-VT-13	119.893	616	614	0.016682	1.668154

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39: Valores de pendiente para Badenes.

Badén	Long de cuenca (m)	Elev. Superior (msnm)	Elev. Inferior (msnm)	Sc	
				m/m	%
B-VT-1	9.264	615.1	615	0.010794	1.079447
B-VT-2	7.758	615.2	615	0.025780	2.577984
B-VT-3	6.650	614.1	614	0.015038	1.503759
B-VT-4	5.845	616.1	616	0.017109	1.710864
B-VT-5	4.573	614.2	614	0.043735	4.373497

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.4 Tiempo de concentración (tc)

Es el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica. Se calcula mediante el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano:

$$T_c = 0.0041 * \left(\frac{3.28 * L}{\sqrt{Sc}} \right) \quad \text{(Ecuación N° 17)}$$

Donde:

- **Tc:** Tiempo de concentración en minutos.
- **L:** Longitud máxima en metros.
- **Sc:** Pendiente media del terreno.

La Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de Tc sean menores a 5 minutos, se debe tomar este valor como mínimo. Los valores obtenidos de tc para micro-cuencas, cunetas y badenes son los siguientes:

Tabla 40: Valores de tiempo de concentración (tc) para micro-cuencas.

Micro Cuenca	Long de cuenca (m)	Sc (m/m)	tc (minutos)
VT-1	2221.9420	0.0855	9.9578
VT-2	1736.5920	0.0576	9.5909

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 41: Valores de tiempo de concentración (tc) para Cunetas.

Cuneta	Long de cuenca (m)	Sc (m/m)	tc (minutos)	tc a usar (min)
C-VT-1	170.6400	0.0117	2.9659	5.000
C-VT-2	374.4290	0.0080	6.2886	6.289
C-VT-3	474.9300	0.0063	8.2760	8.276
C-VT-4	521.9090	0.0057	9.2286	9.229
C-VT-5	62.5020	0.0160	1.2141	5.000
C-VT-6	506.7230	0.0059	8.9192	8.919
C-VT-7	483.9130	0.0083	7.5704	7.570
C-VT-8	318.9550	0.0125	4.6776	5.000
C-VT-9	16.0140	0.0624	0.2519	5.000
C-VT-10	51.7100	0.0193	0.9754	5.000
C-VT-11	57.8630	0.0173	1.1107	5.000
C-VT-12	39.7920	0.0251	0.7207	5.000
C-VT-13	119.8930	0.0167	1.9730	5.000

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42: Valores de tiempo de concentración (tc) para Badenes.

Badén	Long de cuenca (m)	Sc (m/m)	tc (minutos)	tc a usar (min)
B-VT-1	9.2640	0.0108	0.3248	5.000
B-VT-2	7.7580	0.0258	0.2027	5.000
B-VT-3	6.6500	0.0150	0.2215	5.000
B-VT-4	5.8450	0.0171	0.1908	5.000
B-VT-5	4.5730	0.0437	0.1101	5.000

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.5 Periodo de Retorno.

La lluvia de diseño de un sistema de drenaje es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, o sea el período de retorno de la misma. Como adaptación de la infraestructura ante los procesos del cambio climático, a nuestro criterio establecemos:

Tabla 43: Periodos de Retorno.

Periodos de retorno según la vía	
Vialidad local	2 años
Vialidad distribuidora	5 años
Vialidad Arterial	10 años
Vialidad Especial	10 años

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.6 Intensidad Duración Frecuencia (IDF)

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al tiempo de concentración (T_c) de la cuenca. Los valores de las intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que elabora INETER. Se utilizaron los datos de la estación meteorológica principal de San Isidro, ubicada en el centro experimental Raúl González, ya que es la estación más cercana al proyecto en estudio (Ver anexos, Tabla N° 51 y Gráfico N° 6, pág. LV). El ajuste de los datos por medio de los mínimos cuadrados resulta en una ecuación en la cual se entra con la duración en minutos y se obtiene la intensidad:

$$I = \frac{(956.25 * PR)^{0.126}}{(Tc + 8.36)^{0.712}} \quad \text{(Ecuación N° 18)}$$

Donde:

- **PR:** Periodo de Retorno en años.
- **Tc:** Tiempo de concentración en minutos.

A continuación, se presenta la memoria de cálculo del análisis Hidrológico:

Tabla 44: Intensidades y caudales de diseño para micro-cuencas.

Micro Cuenca	PR (años)	Área (km ²)	C	Tc (min)	I (mm/hora)	Q (m ³ /s)
VT-1	10	0.385	0.4	9.9578	161.2152	6.8930
VT-2	10	0.081	0.4	9.5909	163.5546	1.4650

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45: Intensidades y caudales de diseño para Cunetas.

Cuneta	PR (años)	Área (km ²)	C	Tc (min)	I (mm/hora)	Q (m ³ /s)
C-VT-1	10	0.001694	0.2	5.0000	201.8354	0.0190
C-VT-2	10	0.006455	0.2	6.2886	189.0270	0.0678
C-VT-3	10	0.011213	0.2	8.2760	172.6569	0.1076
C-VT-4	10	0.009853	0.2	9.2286	165.9458	0.0908
C-VT-5	10	0.000412	0.2	5.0000	201.8354	0.0046
C-VT-6	10	0.009718	0.2	8.9192	168.0563	0.0907
C-VT-7	10	0.008806	0.2	7.5704	178.0679	0.0871
C-VT-8	10	0.008101	0.2	5.0000	201.8354	0.0908
C-VT-9	10	0.000029	0.4	5.0000	201.8354	0.0007
C-VT-10	10	0.000202	0.2	5.0000	201.8354	0.0023
C-VT-11	10	0.000166	0.2	5.0000	201.8354	0.0019
C-VT-12	10	0.000065	0.2	5.0000	201.8354	0.0007
C-VT-13	10	0.000203	0.2	5.0000	201.8354	0.0023

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 46: Intensidades y caudales de diseño para Badenes.

Badén	PR (años)	Área (km ²)	C	Tc (min)	I (mm/hora)	Q (m ³ /s)
B-VT-1	10	0.0000002	0.2	5.0000	201.8354	0.0000025
B-VT-2	10	0.0000013	0.2	5.0000	201.8354	0.0000151
B-VT-3	10	0.0000009	0.2	5.0000	201.8354	0.0000106
B-VT-4	10	0.0000008	0.2	5.0000	201.8354	0.0000088
B-VT-5	10	0.0000002	0.2	5.0000	201.8354	0.0000023

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.7 Hidrograma Triangular Sintético.

A partir de los datos obtenidos del tiempo de concentración y caudal, se generan los Hidrogramas correspondientes para cada sub-cuenca. Como criterio se establece que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración, que a la vez es el tiempo pico del Hidrograma; definiendo la ordenada para los valores del caudal y la abscisa para el tiempo. (Ver anexos, figuras 36-53, pág. XXXIV - XXXIX)

Los hidrogramas obtenidos a través de los cálculos nos permiten ver de una manera más simplificada la relación que existe entre el caudal y el tiempo de concentración.

5.2 Diseño Hidráulico.

Para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje (cunetas y vados) a trabajar en el tramo se realizó el diseño hidráulico, aplicando el software H canales que tiene su base teórica en la fórmula de Manning y a la vez usando sus coeficientes de rugosidad.

5.1.3 Coeficiente de Rugosidad (n).

Son valores adimensionales dados para el tipo de material por la cual estará conformada la estructura de drenaje (cunetas, vados), en nuestro caso se utiliza un valor de 0.013.

Tabla 47: Coeficiente de Rugosidad (n).

Material	Coeficiente n
Concreto	0.013
Mampostería	0.025
Revestido con mortero	0.017
PVC Ribloc	0.009

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

5.1.4 Cunetas.

De acuerdo a los cálculos hidrológicos se procede al dimensionamiento de cunetas las cuales tendrán una sección triangular. La zona de descarga de las cunetas será en un desagüe natural ubicado en la entrada del barrio. (Ver dimensionamiento de cunetas en Anexos, figuras 54-66. pág. XL – XLVI).

5.1.5 Badén.

Es una solución satisfactoria para los pequeños cursos de agua que atraviesan las intersecciones, por lo general, cuenta con una superficie mejorada formada por una losa de concreto. Pueden usarse combinado con las cunetas, son estructuras menos costosas que las alcantarillas o grandes puentes, en su mayoría no son muy sensibles con respecto al caudal de diseño, debido a que un pequeño incremento del tirante de agua incrementa de modo importante la capacidad hidráulica. Las dimensiones de vados para este proyecto fueron calculadas con el software H canales. (Ver dimensionamiento de cunetas en Anexos, figuras 67-76. pág. XLVI - LI.)

A lo largo del tramo se identificaron cunetas solamente en la entrada principal del barrio, las cuales se encuentran en mal estado y no se identificaron badenes por lo que como alternativa de solución se propusieron las siguientes obras de drenaje de acuerdo a los resultados de los estudios hidrológicos, las cuales se diseñaron con el software Hcanales.

Las ubicaciones de las obras de drenaje menor se detallan en Anexos, Figura N° 81, pág. LVI.

Tabla 48: Resultados Finales de Obras de drenaje Propuestas.

Código	Estaciones		Obra de drenaje	Tipo
	Inicial	Final		
C-VT-1	0+000	0+178	Cuneta	Tipo V
C-VT-2	0+024	0+418	Cuneta	Tipo V
C-VT-3	0+178	0+699	Cuneta	Tipo V
C-VT-4	0+472	1+020	Cuneta	Tipo V
C-VT-5	0+699	0+750	Cuneta	Tipo V
C-VT-6	1+021	1+552	Cuneta	Tipo V
C-VT-7	1+355	1+633	Cuneta	Tipo V
C-VT-8	0+750	1+385	Cuneta	Tipo V
C-VT-9	1+375	1+385	Cuneta	Tipo V
C-VT-10	1+335	1+385	Cuneta	Tipo V
C-VT-11	0+990	1+074	Cuneta	Tipo V
C-VT-12	0+968	1+020	Cuneta	Tipo V
C-VT-13	0+000	0+471	Cuneta	Tipo V
B-VT-1	0+373		Badén	Badén Estándar
B-VT-2	0+472		Badén	Badén Estándar
B-VT-3	0+700		Badén	Badén Estándar
B-VT-4	1+283		Badén	Badén Estándar
B-VT-5	1+075		Badén	Badén Estándar

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8: Badén Estándar Propuesto.

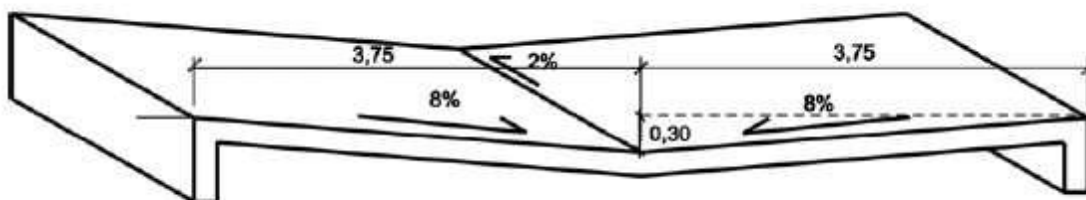
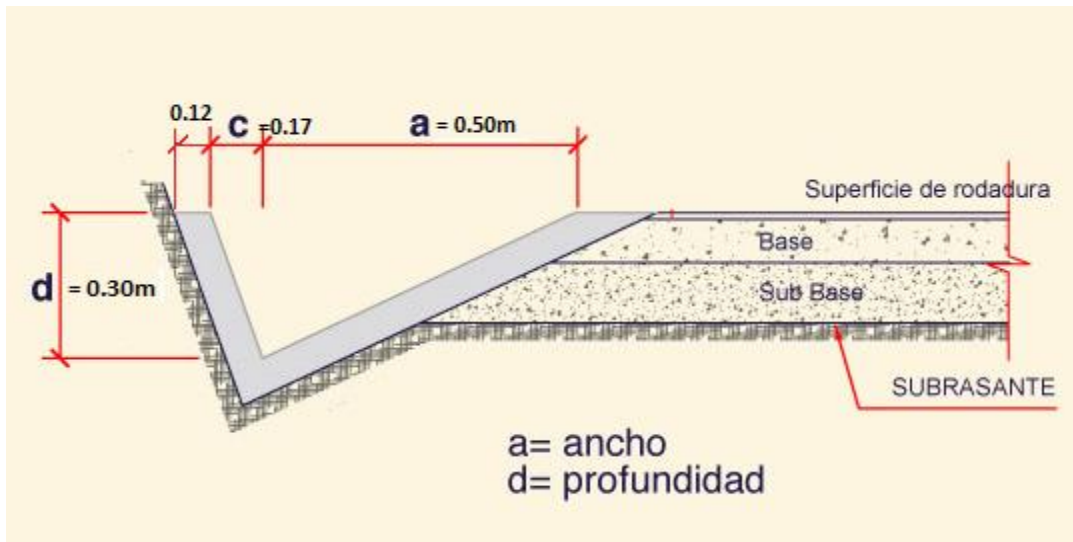


Figura 3-1 Badén Estándar

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

Figura 9: Cuneta Típica tipo V propuesta.



Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

Luego de recopilar, revisar, analizar y procesar la información requerida para el desarrollo de los objetivos propuestos en este trabajo se concluye que:

- El estudio de suelos realizado determinó que los suelos que predominan en la zona son **A-1-b y A-2-7**, siendo el A-1-b considerado por la clasificación HRB como buen material para subrasante y el A-2-7 que no cumple con las normativas establecidas según la Nic-2000.
- Se usará el banco de materiales Eduardo Blanco que presenta un suelo tipo A-1-a, establecido como uno de los mejores para este tipo de proyectos, con un valor de CBR del 80% en las estaciones 0+000, 1+021 y 1+384 ya que el material encontrado es considerado deficiente para fundaciones según la clasificación HBR.
- De acuerdo a los resultados del estudio de tránsito, se refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos livianos (87.62%), dentro de los factores de diseño se encuentra la tasa de crecimiento vehicular, de crecimiento poblacional y del producto interno bruto, la considerada en el presente, fue de 3 %, el tránsito de diseño es: 5,678,768 vpd. El ESAL's obtenido fue 587,343 ejes equivalentes por carril de diseño.
- Para el cálculo de la estructura de pavimento se utilizó el método de la AASHTO 93, este se realizó de manera manual y a través del software WinPAS 12 obteniendo los siguientes resultados:

Una estructura de pavimento constituida por 2 capas: la de rodadura con adoquín, la capa de arena y la base granular.

Espesores de estructura de pavimentos:

- Una capa de rodadura de adoquín de 4 pulgadas.
 - Una capa de arena de 2 pulgadas.
 - Una capa de base de 6 pulgadas.
- En el Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico se propuso un total de 18 obras de drenaje nuevas (13 cunetas y 5 badenes), las cuales se diseñaron de acuerdo a los resultados de los estudios utilizando el software Hcanales.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de garantizar que la infraestructura vial propuesta, cumpla con la vida útil, se recomiendan las siguientes especificaciones técnicas:

- Utilizar el Banco de materiales Eduardo Blanco, ya que el material existente cumple con los requerimientos técnicos que especificados por la NIC-2000 y la AASHTO.
- Los adoquines de concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTON 12009-10 para adoquines de concreto para pavimento. El adoquín a usarse será el tipo Trafico de 3500 psi.
- Realizar los ensayos necesarios a cada uno de los materiales a utilizar para garantizar que estos sean de buena calidad, cumpliendo con lo estipulado en la sección 107.03 de la normativa Nic-2000 para evitar el deterioro o mal funcionamiento de la vía.
- Cumplir con los espesores propuestos para este diseño, los cuales son: 4" de adoquín, 2" de cama de arena y 6" de base granular.
- Establecer a lo largo de la vía señales de tránsito como señales preventivas (zona escolar) en la entrada del barrio y restrictivas (alto) en las intersecciones que llevan a la calle principal para garantizar la seguridad de conductores y peatones a la hora de circular sobre ésta.
- Efectuar una debida supervisión verificando durante los procesos constructivos que el mismo se realice conforme a las especificaciones técnicas para su ejecución. Verificar la calidad de materiales que se utiliza en el proyecto y el cumplimiento de los espesores de diseño de las capas estructurales.
- Reemplazar las cunetas que se ubican en la calle o entrada principal del barrio, ya que éstas se encuentran en mal estado y no cumplen con los requerimientos para soportar el caudal de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edición).

Bahamondes, R. (2013). Assessment of pavement concrete blocks design methods. Chile.

Crespo Villalaz (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

Elmer Bervis PAST-DANIDA, I. E. Nicaragua.

Fernandez, I. A. (s.f.). Pavimentos.

Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales.

INIDE, Anuario Estadístico 2008.

MTI. (2008). Manual para la revisión de estrudios hidrotécnicos de drenaje menor. Nicaragua.

MTI. (2017). Anuario de Aforos de Tráfico.

MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

MTRC. (2008). Manual de Diseño Geometrico de Carreteras. Colombia.

NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

SIECA. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.