



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Mon
658.404
R621
2011

**Diseño De La Estructura De Pavimento Flexible Del Tramo:
‘Somotillo-Sn. Tomas Del Norte’, En El Departamento De
Chinandega Con Una Longitud De 8 Km.**

Tesina Para Optar al Título de Ingeniero Civil
Curso Obras Viales.

Elaborado por:

Br. Esteban Antonio Pérez Ordóñez
Br. Javier Elier Molina García

Tutor:

Ing. Israel Morales

Managua, Abril 2012

Jueves 25 de Abril del 2012

Doctor.
ING. OSCAR ISAAC GUTIERREZ SOMARRIBA.
Decano.
Facultad de Tecnología de la Construcción – UNI.
Su Oficina.

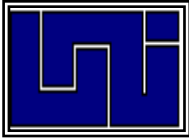
Estimado Ing. Gutiérrez

Por este medio me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he concluido la tutoría de la tesina que lleva por nombre **“Diseño De La Estructura De Pavimento Flexible Del Tramo: “Somotillo - Sn.Tomas Del Norte”**, En El **Departamento De Chinandega Con Una Longitud De 8 Km.**, elaborada por los **bachilleres:** Esteban Antonio Pérez Ordóñez y Javier Elier Molina García.

He autorizado, en calidad de tutor de la misma, su entrega a las instancias correspondientes ya que considero que el trabajo reúne los requisitos para su debida defensa.

Atentamente,

Ing. Israel Morales



HOJA DE CONCLUSION DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) Br. Esteban Antonio Pérez 2) Br. Javier Elier Molina García
NOMBRE DEL CURSO: Obras Viales
NOMBRE DE LA TESINA: "Diseño de la estructura de Pavimento Flexible del tramo: Somotillo-Sn. Tomas Del Norte", en el departamento de Chinandega con una longitud de 8 km.
ESPECIFIQUE AL MENOS DOS AREAS DE CONOCIMIENTO QUE ABORDARAN EN LA TESINA: 1) Estudio de Transito 2) Estudio de Suelos 3) Diseño de Pavimento Flexible
FECHA DE DEFENSA:
VALORACIÓN DEL TUTOR SOBRE LA TESINA: El trabajo cumple con los objetivos propuestos.
JURADO CALIFICADOR: 1- 2- 3-
FIRMA COORDINADOR: _____

Ing. Israel Morales

TUTOR

AGRADECIMIENTOS.

- ✓ *A Dios por su amor y bendiciones, iluminándome con su sabiduría e inteligencia para la culminación de este trabajo.*
- ✓ *A María Santísima por su santa protección, oraciones y su gran amor.*
- ✓ *A mis padres Luz Esperanza García Hernández y Francisco Javier Molina Ocaña por todo su esfuerzo constante e incondicional para lograr todas mis metas.*
- ✓ *A mi abuelo Neryz Ismael Molina Martínez, mis tíos Víctor, Manolo y Jerónimo, por sus consejos, apoyo y confianza que han depositado en mí.*
- ✓ *Al padre Marcos Dessy y familiares que hicieron posible la culminación de mis estudios universitarios.*
- ✓ *A mi novia Francisca Hermicenda Pérez O. por su paciencia, comprensión y amor, que me dio ánimo, para la culminación de este trabajo.*
- ✓ *También agradecemos a nuestros Docentes, y de manera especial al Ing. Israel Morales por habernos enseñado e instruido en nuestra formación académica.*

DEDICATORIA.

- ✓ *A mi madre Luz Esperanza García Hernández, por ser una madre ejemplar y me a dado todo lo mejor, su amor, comprensión y esfuerzo.*

- ✓ *A todos mis familiares, que confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional, para ser posible mi culminación de mis estudios universitarios.*

- ✓ *A Francisca Hermicenda Pérez O. con todo mi amor.*

- ✓ *Mis hermanos Jhalmar Molina y Reyna Molina*

AGRADECIMIENTOS.

- ✓ *En primer lugar a Dios, por regalarme salud, sabiduría, perseverancia y por guiar mis pasos para culminar este proyecto académico. A nuestra madre la Virgen María por que me brinda su inmenso amor día a día.*
- ✓ *A mis padres: Esteban Mariano Pérez Espinoza y Georgina Francisca Ordoñez Armas por todo el amor y apoyo incondicional que hacen posible los logros en cada etapa de mi vida.*
- ✓ *A mis hermanos: Allan, Claudía, Amelia, Norberto, Luis, Álvaro por ser ejemplo a seguir en mi vida y María Leticia, Ventura, Verónica, Francisca, José, Edwin y Juancito por mi motivación junto a mis Padres*
- ✓ *A mis Tíos, Primos, Sobrinos, Cuñados, Amigos y Muy en especial a mi Títa Sor Rosario del Socorro Ordoñez Armas por llevarme en sus oraciones y aconsejarme.*
- ✓ *A nuestros Docentes y especial a nuestro Tutor el Ing. Israel Morales por brindarnos su tiempo y conocimientos en la elaboración de nuestra tesina.*

DEDICATORIA.

- ✓ *En primer lugar le dedico este trabajo final a **Díos** quien me dio la fuerza, sabiduría y esperanza para realizarlo con mucho éxito.*
- ✓ *A mis padres: **Esteban Mariano Pérez Espinoza y Georgina Francisca Ordoñez Armas y hermanos** por ser las personas más importante de mi vida, porque gracias a ellos soy quien soy.*
- ✓ *A mis seres querido (**Abuelitos y Tíos**) que ya no se encuentran en este mundo, pero que se que desde el cielo me cuidan y me protegen.*

INDICE

	Pág.
Resumen Ejecutivo.....	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1 Introducción.....	4
1.2 Antecedentes.....	5
1.3 Localización del Proyecto.....	6
1.4 Justificación	7
1.5 Objetivos.....	8
1.5.1 Objetivo General.....	8
1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO	
2.1 Composición Vehicular.....	10
2.2 Estudios de Campo.....	11
2.2. Volumen de Transito.....	11
2.2.2 Transito Promedio Diario Semanal.....	14
2.2.3 Determinación del TPDA.....	16
2.3 Tasas de Crecimiento.....	19
2.4 Producto Interno Bruto.....	22
2.5 Perspectiva de Crecimiento.....	23
2.5.1 Entorno económico Nacional.....	24
2.5.2 Entorno Económico Local.....	26
2.6 Determinación de La Tasa De Crecimiento Vehicular.....	29

2.7 Proyección del Transito.....	30
2.7.1 Periodo de Diseño.....	30
2.7.2 Factor Dirección.....	31
2.7.3 Factor de Crecimiento.....	31
2.7.5 Transito de Diseño.....	33

CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO

3.1 Trabajo de Campo.....	36
3.2 Trabajo de Laboratorio.....	37
3.3 Análisis de Resultados.....	38
3.3.1 Suelos Predominantes en la Capa de Rodamiento.....	38
3.3.2 Suelo Predominante en la Capa Inferior al Rodamiento.....	41
3.4 Estudio de Banco de Préstamo.....	42
3.4.1 Localización de los Bancos de Préstamo.....	42
3.4.2 Características de los Bancos.....	44
3.5 Determinación del CBR de Diseño.....	45

CAPITULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1 Factores Para El Diseño De Pavimento.....	49
4.1.1 Ejes Equivalentes.....	49
4.1.1.2 Factores Equivalentes de Carga.....	49
4.1.2 Calculo del ESALs de Diseño.....	50
4.1.4 Confiabilidad.....	52
4.1.5 Desviación Estándar.....	52

4.1.6	Serviciabilidad.....	53	
4.1.7	Propiedades de los Materiales.....	54	
4.1.7.2	Modulo de Resilencia de la Sub-Rasante.....	54	
4.1.7.2	Coeficientes de Capa.....	55	
4.1.8	Drenaje.....	56	
4.2	Espesores Requeridos.....	57	
4.3	Espesores calculados.....	58	
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES			
5.1	Conclusiones.....	60	
5.2	Recomendaciones.....	62	
BIBLIOGRAFIA.....			65
ANEXOS.....			66

RESUMEN EJECUTIVO

La presente tesina denominada “Diseño De La Estructura De Pavimento Flexible Del Tramo Somotillo-Sn. Tomas del Norte en el departamento de Chinandega, con una longitud de 8 km, para la cual se aplicó el método de la AASHTO versión 1993, se abordan cuatro capítulos principales, compuesto de la siguiente forma:

Capítulo I:

Generalidades, se desarrolla la introducción, antecedentes, localización del proyecto, justificación y objetivos del presente estudio.

Capítulo II:

Estudio de Transito, en este se presentan, los estudios de campo, consistiendo en conteos vehiculares, durante una semana, donde se refleja la composición y configuración del transito. Estos conteos se ajustan, por medio de factores de ajustes, propuestos por el MTI, y obtener el TPDA del tramo, el cual se proyectara según su tasa de crecimiento y periodo de diseño adoptados, determinando así el transito de diseño, para dicho tramo.

Capítulo III:

Estudio de Suelos; Se refiere a los análisis físico-mecánicos de los suelos, tanto en la traza del camino, como en los bancos de materiales próximos al proyecto. Estos análisis se efectuaron de acuerdo a los requerimientos propuestos por la American Association of State Highway and Transportation (AASHTO) permitiendo, conocer así las posibles alternativas de utilización de estos suelos.

Capitulo IV:

Diseño del pavimento; Comprende el calculo de los espesores de las capas que conformaran el pavimento flexible, en este se detallan cada uno de los parámetros que afectan dicho diseño como: ESALs total del transito, Confiabilidad, Serviciabilidad, Desviación Entandar y el CBR de diseño, determinando con este ultimo, el modulo de resilencia de los suelos, permitiendo obtener los coeficientes estructurales de dichas capas, una ves obtenidos estos datos se determinan los espesores requeridos de la estructura de pavimentos, paro lo cual se implemento en Programa de la A.A.S.H.T.O – 88 vr 3.3.

Capitulo V:

Conclusiones y Recomendaciones; Se fundamenta en los resultados obtenidos en los estudios realizados y el diseño. Las recomendaciones serán tomadas en cuenta a la hora de la construcción.

En la parte final del documento, se muestra las diferentes bibliografías que se utilizaron, y anexos relacionados al estudio.

CAPITULO I



GENERALIDADES

Desde el principio de la existencia del hombre, se ha observado su necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, ya sea a base de piedra y aglomerantes hasta nuestra época con métodos perfeccionados, basados en la experiencia, que dan como resultado grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

1.1 INTRODUCCION

El departamento de Chinandega tiene una superficie aproximada de 4822.42 km², equivalente al **4%** de la superficie total nacional. Su cabecera departamental es la ciudad de Chinandega, integrada por trece municipios (El Viejo, Puerto Morazán, Somotillo, Sn. Tomas del Norte, Cinco Pinos, Sn. Pedro del Norte, Chinandega, Posoltega, Realejo, Corinto y Villanueva.

Este trabajo contempla el mecanismo para diseñar la estructura de pavimento flexible, correspondiente al camino Somotillo – Sn. Tomas del Norte.

Dicho camino se localiza en la zona, Nor – Occidental de Nicaragua en el departamento de Chinandega, teniendo este una longitud de 8 Km.

Para este diseño de pavimento flexible nos auxiliaremos con el método propuesto por la AASHTO-93, teniendo como base los distintos factores que afectan el diseño de un pavimento como: el tránsito que circula por la vía, propiedades de los suelos y sus resistencias, los materiales para su construcción, entre otros.

Una vez recopilada y analizada la información técnica del tramo en estudio, se aplicara el método AASHTO-93, obteniendo así los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento, que de manera confiable y segura requerirá el tramo en estudio.

1.2 ANTECEDENTES

Es preciso señalar que este tramo, ya consta de un trazado existente de acuerdo a las características topográficas de la zona, el cual ha tenido en cuenta los distintos puntos críticos que afectan un diseño geométrico. En estas zonas sean habilitado superficies para bahías de buses y ciclo vías, así como rampas para acceso de minusválidos, señalización de colegios y centros de salud pública.

Actualmente la capa de rodamiento del camino existente está compuesta por una única capa de rodamiento de material granular,(ver anexos).

Desde la estación 0+000 hasta la estación 08+000 la capa de rodamiento está conformada por una capa de material granular natural con espesores investigados que varían entre 0 cm. y 58 cm. máximo de profundidad, presentando un valor medio de 30 cm. Actualmente en dicha capa predomina un material gravo areno limoso, color café claro.

En esta zona se han habilitado bahías de buses y ciclo vías, así como rampas para accesos de minusválidos, señalización para colegios y centros de salud.

1.3 LOCALIZACION DEL PROYECTO

El tramo en estudio se encuentra localizado en el municipio de Somotillo, siguiendo a la parte Nor- Este, hacia el municipio de Sn. Tomas del Norte.

Macro-Localización



Micro- localización



1.4 JUSTIFICACION

Todos los proyectos viales tienen como finalidad mejorar la fluidez y seguridad vial, logrando un mejor nivel de vida.

El tramo de carretera, transcurre por los siguientes poblados como son: Somotillo, La Pavana, Los Balcones, Los Limones, Vado Ancho y Sn. Tomas del Norte., Construyendo una adecuada superficie de rodamiento vendría a desarrollar un importante enlace terrestre, particularmente para los vehículos de transporte de carga y pasajeros, provenientes del municipio de Chinandega, el Guasaule (frontera con Honduras), entre otros.

Es por eso que el área de influencia del proyecto resulta de importancia local, principalmente para su desarrollo agrícola y comercial.

Un buen sistema de transporte favorece el desarrollo de las actividades económicas y constituye un factor determinante para la inversión privada, estatal y municipal, tal es el caso de este tramo de carretera y comunidades aledañas.

Debido a la importancia de este tramo de carretera y el estado actual en que se encuentra, es necesario proponer un proyecto de diseño de su estructura de pavimento , con el objetivo de que brinde un mejor servicio vial al usuario, que resista las cargas impuestas por el tráfico y ampliar la cobertura vial de nuestro país.

Convirtiéndose así en una ruta de transporte segura, adecuada y confortable, a todos los pobladores que transiten por ella.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL:

- Realizar el diseño de la estructura de pavimento flexible, utilizando el método AASHTO-93, para el tramo Somotillo - Sn. Thomas del Norte con una longitud de 8Km.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Analizar el tránsito que circula por la vía, para determinar el ESAL Total de diseño.
- Determinar la Composición y propiedades de los suelos, tanto en la vía, como en los bancos de materiales y obtener así su resistencia.
- Aplicación del método AASHTO-93, para determinar los espesores de capa que formaran la estructura del pavimento.

CAPITULO II



ESTUDIO TRANSITO

El transito es una de las variables mas importantes, en el diseño de pavimentos, ya que para dimensionarlo es necesario determinar, los efectos que las cargas de los vehículos causaran sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipos de vehículos que circularan por la vía, así como la intensidad y la configuración del eje que la aplica.

Este estudio de tránsito está fundamentado:

- Datos obtenidos por el Ministerio De Transporte E Infraestructura (MTI).
- Conteos volumétricos clasificados en el tramo en estudio.

2.1.- Composición Vehicular

Según la división general de planificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura, en su anuario de aforos de tráfico 2010, la clasificación vehicular se divide en tres categorías ([ver Anexos Tabla A.21](#)):

- **Vehículos de pasajeros:** Lo componen las Motocicletas, Automóviles, Jeep, Microbús cuya capacidad sea menor o igual a 14 pasajeros sentados, Minibús con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados, Bus de todos los tipos con capacidad mayor de 30 pasajeros sentados.
- **Vehículos de carga:** Liviano de carga, todos aquellos vehículos, cuyo peso sea ≤ 4 toneladas, Camión de carga C_2 y C_3 con un peso mayor de 5 toneladas, Camión de carga pesada del tipo $Tx-Sx \leq 4$ ejes, camiones $Tx-Sx \geq 5$ ejes; este tipo de vehículo son combinaciones de tractor camión y semirremolque, Camión $Cx-Rx \leq 4$ ejes; estos son combinación camión remolque, $Cx-Rx \geq 5$ ejes; son combinaciones igual al anterior, pero con mayor número de ejes.
- **Equipo pesado:** Lo conforman los vehículos agrícolas y los vehículos de construcción.

2.2- Estudios De Campo

2.2.1-Volumen De Transito

Es la cantidad de vehículos, que circulan por una vía, carretera o camino, en una unidad de tiempo.

De acuerdo con el estudio, los volúmenes pueden referirse a uno, o dos sentidos de la vía y tener como unidad básica de tiempo, un día, hora o año.

En general, los volúmenes de tráfico están compuestos por unidades heterogéneas y esta tendencia se acentúa a medida que aumenta el número de vehículos por unidad de longitud de la vía. Por tanto es necesario conocer también la composición de estos volúmenes.

El volumen de transito que circula por la vía, se determinó a través de conteos clasificados de trafico, el cual se implementó la estación de conteo, entre Somotillo-Sn. Tomas del Norte.

Estos conteos se realizaron entre el viernes 3 de Agosto y el jueves 9 de Agosto (una semana) del 2010, en un periodo de tiempo de 12 horas, correspondiente de 6:0 a.m-6:0 p.m. cada día.

Los resultados diarios y el promedio diario de los volúmenes contabilizados se muestran en la [Tabla. No. 2.1](#)

Tabla No. 2.1

Estación No. 1

Sentido Del Coteo: Ambos Sentidos

Resumen Semanal 12 horas (6:00 am – 6:00 pm)

Agosto del 2010

Variación Diaria el volumen de Transito

Fecha	Vehículos Livianos				Pesado Pasajeros			Pesados De Carga			Equipo Pesado	Total
	Motos	Autos	Jeeps	Pick-Ups	Mic. Bus	MB>15Pasj.	Bus	C2Lv	C2>5Tn	T3S2	V.Agr.	
Viernes 03/08/010	45	36	19	99	9	2	23	7	14	0	0	254
Sábado 04/08/010	57	16	17	69	11	8	28	10	6	2	1	225
Domingo 05/08/010	53	23	13	68	6	1	19	8	3	1	0	195
Lunes 06/08/010	68	15	5	61	5	1	28	12	2	0	2	199
Martes 07/08/010	52	16	14	78	5	0	27	17	6	0	0	215
Miércoles 08/08/010	76	33	27	118	6	1	19	14	3	1	1	299
Jueves 09/08/010	57	14	15	93	8	8	21	16	3	0	0	235
Total	408	153	110	586	58	13	165	84	37	4	4	1,622

Fuente: Estudio De Trafico (Agosto 2010), Por la Empresa TYPESA

Para la Estación No. 1 también se realizaron conteos de 24 horas continuas realizadas, durante dos días: el lunes 6 de Agosto y el miércoles 8 de Agosto del 2010. Ver la [Tabla No.2.2](#)

$$\text{Factor}_{\text{Ajuste 24hrs}} = \text{Vol. 24 hrs} / \text{Vol. 12hrs} \quad (\text{Ec.1})$$

$$\text{Factor}_{\text{Ajuste 24hrs (Motos)}} = 81/68 = 1.19$$

Se calculó el promedio del factor de ajuste, por tener dos días, aforados de 24 horas. La [Tabla No.2.2](#), muestra el promedio de este factor.

Tabla No.2.2- Conteo de 24 horas, y Factores $\text{Ajuste}_{24\text{hrs}}$

Tipo Vehículo	Lunes 6 de Agosto 2010			Miércoles 8 Agosto 2010			Factor Ajust. Promed.
	12h	24h	factor	12h	24h	factor	
Motos	68	81	1.19	76	97	1.27	1.23
Autos	15	21	1.40	33	47	1.42	1.41
Jeeps	5	8	1.60	27	27	1.00	1.30
Pick Ups	61	79	1.29	118	140	1.18	1.23
Microbús	5	6	1.20	6	7	1.16	1.18
Microbús>15Pasj	1	1	1.00	1	1	1.00	1.0
Autobús	28	30	1.07	19	21	1.10	1.08
C2 Liv.	12	13	1.08	14	15	1.07	1.075
C2 > 5 ton	2	2	1.00	3	3	1.00	1.0
T3S2	0	0	n.a.	1	1	1.00	1.0
Vehículo Agrícola	2	2	1.00	1	1	1.00	1.0

Fuente: Estudio de Trafico, TYPASA

Nota: La referencia de la tabla anterior (n.a), se deduce que no es aplicable el factor, para el lunes 6 de Agosto, porque no se tiene registro del T3S2, en el periodo de la noche.

2.2.2 Transito Promedio Diario Semanal

Es el transito total registrado por día, dividido por los siete días de una semana.

Del conteo clasificado del tramo, **Tabla. No.2.1** se determina el transito promedio diario semanal con la siguiente ecuación:

$$TPDS = \frac{\sum TDi}{7} \quad (\text{Ec.2})$$

TPDS: Transito Diario Semanal

TD: Tránsito Diario

$$TPDS_{(\text{motos})} = 408/7 = 58.28 \sim 58$$

Los restantes valores del TPDS se presentan en la **Tabla No.2.3**, en esta misma tabla, se determina, el valor del TPDS ajustado, para cada tipo de vehículo, el cual es el producto del TPDS, multiplicado por el promedio del factor de ajuste para 24 hrs, determinado anteriormente, para los diferentes tipos de vehículos.

$$TPDS_{\text{Ajust.}} = TPDS * F_{\text{ajust. /24hrs}} \quad (\text{Ec.3})$$

$$TPDS_{\text{ajustad/24hrs (Motos)}} = 58 * 1.23 = 71.3 \approx 71$$

Tabla No. 2.3: TPDS Para Cada Vehículo Y El TPDS Ajustado.

	Tipo Vehículo	TPDS	$F_{ajust.}/24hrs$	TPDS _{Ajust.}
Vehículo Liviano	Motos	58	1.23	71
	Autos	22	1.41	31
	Jeeps	18	1.30	23
Vehículo De Pasajeros	Pick Ups	84	1.23	103
	Microbús	8	1.18	9
	Microbús > 15 Pasajeros	2	1.0	2
Vehículo de Carga	Autobús	23	1.08	25
	C2 Liviano	12	1.075	13
	C2 > 5 ton	5	1.0	5
Equipo Pesado	T3S2	1	1.0	1
	Vehículo Agrícola	1	1.0	1
TOTAL		229		284

Fuente: Elaboración propia de lo sustentantes

El transito promedio diario semanal una vez ajustado, su utilizara para obtener el, transito promedio diario anual (TPDA), para los diferentes tipos de vehículos, que circulan en el tramo: Somotillo –Sn. Tomas del Norte.

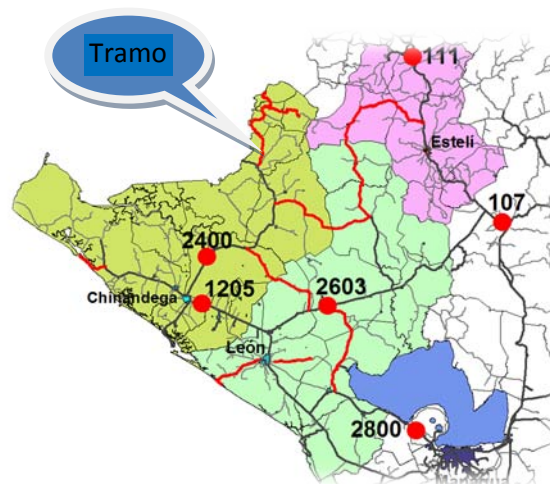
2.2.3- Determinación Del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito durante un año, previsibles o existentes en una sección dada de una vía.

Para obtener el tránsito promedio diario semanal, del tramo Somotillo-Sn. Tomas del Norte, se tomo como referencia los datos registrados por el MTI, mediante aforos que dicha institución realiza en estaciones permanentes, ubicadas en toda la red vial del país. El MTI ha desarrollado factores de ajustes, con el objetivo que si se lleva a cabo un conteo vehicular, en una estación de control (ubicadas en caminos asfaltados o adoquinados) o en una estación sumaria (ubicadas en caminos de tierra, pero con flujo vehicular moderado), es posible aplicar dichos factores, desarrollados a partir de la estación permanente, para las cuales estaciones sumarias y de control están ligadas a esta, y obtener así el TPDA, en un tramo de carretera previamente establecido.

La estación permanente, que esta asociada con el tramo, somotillo-Sn. Tomas del Norte, es la estación ● 2400, localizada en la entrada a Chinandega (Rotonda)- Ranchería, por ser la más cercana. Como se observa en la

Figura No2.1



De acuerdo con el anuario, del año 2010, presentado por el Ministerio de Transporte E Infraestructura, la estación permanente fue aforada en los tres cuatrimestres del año, para el primer cuatrimestre de Enero-Abril, el segundo de Mayo-Agosto, y el tercero de Septiembre-Diciembre, como el conteo vehicular en el tramo en estudio, se efectuó en el mes de Agosto, el TPDA se determinara usando el factor de expansión a TPDA, del segundo cuatrimestre de Mayo-Agosto (ver anexo Tabla A.2.2).

Tabla No. 2.4- Factores de Expansión a TPDA, Para Cada Vehículo.

Vehículo	Motos	Autos	Jeeps	Pick-Ups	Mic. Bus	Mic. Bus >15P	Bus	C2	C2 > 5 Tn.	T3S2	V. Agrícola
Factor Expansión a TPDA	0.92	0.79	0.85	0.93	1.04	1.17	0.93	0.95	0.91	1.0	1.11

Fuente: Anuario de trafico 2010 MTI

Por lo tanto el TPDA se determina como:

$$TPDA = TPDS * F_{exp. A TPDA} \quad (Ec.4)$$

Tomando los valores del TPDS _{Ajust.} De la [tabla No.2.3](#) y los factores de expansión de la [tabla No.2.4](#), determinamos el TPDS del tramo: Somotillo-Sn. Tomas del Norte.

Aplicando la (Ec. 4) tenemos:

$$TPDA_{(Motos)} = 71 * 0.92 = 65.32 \sim 65$$

Los valores de TPDA para los restantes tipo de vehículos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla No.2.5- TPDA Para El Tramo Somotillo-Sn. Tomas del Norte.

Tipo Vehículo	TPDA	%
Motos	65	25%
Autos	24	9%
Jeeps	20	8%
Pick Ups	96	37%
Microbús	9	4%
Microbús > 15 Pasajeros	2	0.78%
Autobús	23	9%
C2 Liviano	12	5%
C2 > 5 ton	4	2%
T3S2	1	0.39%
Vehículo Agrícola	1	0.39%
TOTAL	257	100%

Fuente: Elaboración propia de los sustentantes.

2.3 Tasas De Crecimiento

El crecimiento futuro de los volúmenes de tráfico estimados para una carretera típicamente se expresa como valores porcentuales de crecimiento anual. La tasas de crecimiento se convierte en una variable clave que debe ser estimada, y poder determinar así los volúmenes futuros del trafico.

Lógicamente existe gran incertidumbre esta determinación de estas tasas de crecimiento. Como ayuda en el proceso se emplean métodos econométricos que relacionan variables de la economía nacional y/o regional. Dentro de estos factores tenemos:

- Crecimiento Poblacional

- Crecimiento vehicular

- Producto interno bruto (PIB)

➤ **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 el tiempo como unidad para su medición.

La tasa de crecimiento, es la tasa que mide el crecimiento o decrecimiento de la población. Para este estudio se tomo como referencia el último censo poblacional realizado, por el instituto de estadísticas y censos INEC

Tabla No. 2.6: Población Total, Distribución % y Tasa de Crecimiento, según Departamento
Censo de 1995-2005

Departamento	Población				
	1995	%	2005	%	Tasa Crec.
La Republica	4,357,099	100	5,142,098	100	1.7
Chinandega	350,212	8.0	378,970	7.4	0.8

Fuente: VIII Censo De población, IV De Vivienda pag 18.

Para el periodo de 1995, Chinandega representa el **8%** de la población total de Nicaragua, y de acuerdo al ultimo censo en el 2005 representa **7.4%**. Las tasas de crecimiento intercensales muestran, que la mayoría de los departamentos han perdido peso porcentual, presentando tasas inferiores al promedio nacional, como es el caso de Chinandega obteniendo una tasa de **0.8%**.

➤ **Crecimiento vehicular**

Dependiendo de muchos factores, como el desarrollo económico-social, la capacidad de una vía, etc., es normal que el tráfico vehicular vaya aumentando con el paso del tiempo, hasta que llega a un punto tal de saturación, en el que se mantiene prácticamente sin crecer.

Es por eso conviene prever el crecimiento del tráfico tomando en consideración una tasa de crecimiento anual. Esta puede variar de acuerdo al tipo de vehículo, ya que pueden crecer unos más que otros.

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular se aplica la siguiente ecuación correspondiente:

$$TC = \left[\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento Vehicular

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Actual

TPDA₀: Tráfico Promedio Diario Del Año Base

n: Diferencia de Años

Con respecto al comportamiento vehicular se tomó como referencia, la fluctuación del tránsito de la estación sumaria cubierta por el MTI, al que corresponde nuestro tramo en estudio (Nic-32B) Somotillo-Sn. Tomas del Norte, ([Ver Anexo Tabla A.2.3](#))

Tabla No.2.7-Datos históricos del TPDA Estación Sumaria (Nic-32B) "Somotillo-Sn. Tomas del Norte"

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TPDA	-	185	-	-	144	-	-	-	232	370

Fuente: Anuario De Aforos De Trafico Año 2010 MTI

Aplicando la ecuación para determinar la tasa de crecimiento, para el periodo (2002-2005) obtenemos:

$$TC = \left[\frac{144}{185} \right]^{\frac{1}{3}} - 1$$

$$Tc = - 0.08 * 100 = - 8.0\%$$

Concluimos que para este periodo el trafico en el tramo decreció a una tasa de **- 8.0%**, mientras que para los restantes periodos, se obtuvo una tasa de: **12.6%** (2005-2009) y luego creció un **59.5%**, para los años (2009-2010).

2.4.- Producto Interno Bruto (PIB)

Esta variable es el valor de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de una nación en un periodo. El PIB en congruencia al poder adquisitivo (PPA) de una nación es la suma de valor de todos los bienes y servicios producidos en un país. Se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo.

2.4.1- Entorno Mundial

La economía mundial, ha venido recuperándose a partir de los dos últimos años, de la crisis económica internacional, esto debido al repunte de las exportaciones de bienes y servicios de las economías de países desarrollados, así como también por el modesto dinamismo de las economías subdesarrolladas.

Cifras del Fondo Monetario Internacional (FMI), en su informe anual describe para los últimos dos años, el crecimiento para países como: China, India y Brasil tasas promedio de **9.17%**, respectivamente, y para los Estados Unidos de América el **2.8%** y la Zona Europea con **1.8%**.

Fuente: Tomado del Informe Anual 2011 Banco Central de Nicaragua, www.bcn.gob.ni

2.5 Perspectiva De Crecimiento Económico.

El Fondo Monetario internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM), en sus proyecciones indicaron para el 2012, las economías como: US, Japón, tendrían un crecimiento de **2.5%**. y para las economías de China, India y Rusia, a una tasa de **6.5%**.

El banco central de Nicaragua, en sus proyecciones prevee que nuestro país crecería en este 2012 en un **3.5%** y para el 2013 de **2%** a **3.5%**. Como se refleja en el grafico de proyecciones del BCN. Esto de acuerdo a la diversificación en la producción y su mercado, y con el empuje que ha tenido la inversión extranjera a nivel de Centroamérica.

Figura No 2.2- Proyecciones de crecimiento



Fuente: www.elnuevodiario.com.ni del 28/03/2012

En la entrevista efectuada al economista Néstor Avendaño, en el canal 100% Noticias (canal15), el pasado 3 de enero del presente año, prevee un crecimiento para este 2012 de **3.3%**, en comparación con la proyección del FMI que será de **3%**.

(Fuente: 100% Entrevistas, Canal 15 TV, 03/01/12. (www.canal15.com.ni).

2.5.1-Entorno Económico Nacional

De acuerdo al Centro de Trámites de Exportaciones (Cetrex). Nicaragua cerró el año 2011 con una inflación del **7,95 %**, la más alta de Centroamérica, según cifras oficiales, con un crecimiento del **5.0 %** del producto interno bruto (PIB).

Esto Principalmente a la recuperación de la economía mundial, evento que llevo a un incremento de las exportaciones y en la generación de impulsos en la demanda interna, en un ambiente de estabilidad económica.

Debido a las mejores en precios internacionales y a la mayor demanda mundial. Reflejando en productos agrícolas y manufactureros como: café, carne de res, azúcar, granos básicos, entre otros. Como puede verse en el siguiente grafico.

Grafico 2.3

Exportaciones de Nicaragua



Fuente: Informe Anual BCN. www.bcn.gob.ni

En lo que va del primer trimestre de este año 2012, el valor de las exportaciones de Nicaragua, han crecido en **6.7%**, en comparación a la cifra del año pasado para este mismo periodo, siendo Estados Unidos como el principal destino de las exportaciones, seguido de Venezuela y Canadá.

Grafico 2.4 Exportaciones del Primer Trimestre de este año.



Fuente: Centro de Tramites de Exportaciones (CETREX) www.cetrex.gob.ni

El Cetrex destacó que el café de tipo oro, repunta como los productos de exportación principal de Nicaragua, en el primer trimestre de este año 2012, con **3.66%**, seguido por la carne bovina **2.0%**, entre otros.

Tabla No 2.8 Precios Promedios de productos de exportación Enero-Marzo 2012

Producto	Ajonjolí	Café oro	Frijoles	Granos B.	Minería	Pecuario
Precio	1.32	4.90	1.07	0.85	0.11	1.83
Prm. \$/KG						

Fuente: Centro de Tramites de Exportaciones (CETREX) www.cetrex.gob.ni

De la tabla de precios se observa, que el mayor precio por kilogramo se le atribuye al café oro con 4.9 \$/Kg, seguido del sector carne con 1.83 \$/Kg. Y el ajonjolí de 1.32 \$/Kg respectivamente.

La siguiente tabla presenta el crecimiento económico que Nicaragua ha tenido durante los últimos siete años, el cual se refleja por las estadísticas del PIB publicadas por el Banco Central de Nicaragua (BCN).

Tabla No. 2.9 Producto Interno Bruto Histórico De Nicaragua

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB	28795.5	30325.2	31623.9	32936.9	34136.9	35078.8	34563.4	36112
Tc %	2.5	5.3	4.3	4.2	3.6	2.8	(-1.5)	4.5

Fuente: Indicadores Macroeconómicos (Informe Anual 2011) BCN.

PIB para los últimos tres años, se deduce para el año 2008, este creció con una tasa de **2.8%**, para el año 2009 debido a la crisis mundial el PIB decreció a una tasa de **(-1.5%)**, ya para el año 2010 con la recuperación de la crisis mundial, cerró el año con **4.5%**, y de acuerdo a la última cifra del 2011 creció con una tasa **5.0%**.

2.5.2 Entorno Económico Local

De acuerdo a la información del último censo agropecuario (CENAGRO), realizado por MAG-FOR, INTA,. La presencia de granos básicos, en la parte norte del departamento de Chinandega es evidente. Como puede verse en la siguiente [tabla No. 2.10](#), para los municipios de Sn. Tomas del norte y somotillo.

Tabla No. 2.10 - Siembra de Granos Básicos Periodo 2010-2011.

Municipios	Sn. Tomas del Norte		Somotillo	
	Área (Mzs)	Rend. (qq/Mzs)	Área (Mzs)	Rend. (qq/Mzs)
Cultivos				
Sorgo	600.0	30.0	2,100.0	30.0
Ajonjolí	52.0	7.0	1,150.0	8.0
Maíz	1,570	11.2	4,200	18.6
Frijol Negro	405.0	23.3	103	20.0
Sorgo Millón	150.0	30.0	500.0	20.0

Fuente: Tomada de IV CENSO Agropecuario (2010-2011), Para el Dep. de Chinandega

Para el caso del ajonjolí existe una tendencia al crecimiento de la demanda internacional, el DR-CAFTA mantiene un arancel para este rubro, ya que países consumidores no lo producen, es por eso un rubro clave para dicho crecimiento.

El frijol negro es un rubro que ha sido cosechado con éxito, en los municipios del norte de Chinandega, teniendo como mercado destino México, el cual puede expandirse a los Estados Unidos, también Venezuela lo considera como un grano muy importante.

Fuente: www.cuenta.reto.del.milenio.com.org

2.6- Determinación De La Tasa de Crecimiento Vehicular

Después haber presentado el comportamiento de los factores que inciden en el crecimiento del parque vehicular. Se concluye:

- La tasa de crecimiento poblacional para el departamento de Chinandega ha pedido peso porcentual, cuya tasa esta por debajo del promedio con solo **0.8%**.
- El transito en el tramo para el periodo 2010, según el MTI, creció un **59.6%**, reflejando un máximo incremento en el TPDA, de la zona.
- De acuerdo a informes del Banco Central, y el Centro de Exportaciones, Nicaragua ha venido presentando incremento en las exportaciones de productos, pese a la lenta recuperación de la crisis mundial. Debido a esto se determinó el promedio del PIB, a partir del año 2006-2011, resultando **3.10%**.
- Tomando en cuenta la productividad de la zona, por donde transcurre la carretera, los productos que se promueven en dicho lugar, y tomando en consideración las proyecciones de las entidades gubernamentales, que preveen una recuperación sustancial en la economía mundial, así como para Nicaragua. Se tomo un valor de **2.2%** como tasa de crecimiento, para la proyección del transito en la zona.

2.7 -Proyección Del Transito

2.7.1-Periodo De Diseño (N)

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del transito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comiencen alterar, el funcionamiento del pavimento.

La vida útil del pavimento, es el tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El periodo de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento, en los casos que se consideren reconstrucciones o rehabilitaciones, a lo largo del tiempo.

Tabla No. 2.11

Tipo De Carretera	Periodo De Diseño (Años)
Autopista Regional	20-40
Troncales Suburbanas	15-30
Troncales Rurales	15-30
Colectoras Suburbanas	10-20

Fuente: Manual Centroamericanos De Pavimentos SIECA

De acuerdo al tipo de carretera del tramo en estudio que es trocal rural se utilizó un periodo de diseño de **N =15 años**.

2.7.2-Factor Direccional (FD):

Este factor del total del flujo vehicular censado en la mayoría de los casos es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad, va en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, la cual puede deducirse del conteo de tráfico efectuado.

2.7.3-Factor De Crecimiento (FC):

Es un factor que toma en cuenta la variación del volumen de tránsito, en el periodo de diseño considerado. Reflejando la medida en que aumentara el flujo vehicular a lo largo del periodo que se proyecta el pavimento. Se calcula:

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} * 365 \quad (\text{Ec.6})$$

FC: factor de crecimiento

i: tasa de crecimiento del tránsito (%)

n: periodo de diseño (años)

365: Constante de días que tiene un año

Sustituyendo valores obtenemos:

$$i = 2.2\%$$

N: 15 años

$$FC = \left[\frac{(1 + 0.022)^{15} - 1}{0.022} \right] * 365 = 6,404$$

2.7.4-Factor De Distribución Por Carril (FC):

Indica el carril de diseño, que recibirá el mayor número de ESALs. Cuando se tenga dos o mas carriles por sentido. Se recomienda la siguiente tabla.

Tabla No. 2.11

Número De Carriles En Cada Dirección	fc
1	<i>1.0</i>
2	<i>0.8-1.0</i>
3	<i>0.6-0.8</i>
4	<i>0.5-0.75</i>

Fuente: Manual Centroamericanos De Pavimentos SIECA

Para este estudio se tomo el $fc = 1$

2.7.5-Transito De Diseño (Td):

Es el volumen de tránsito para un año cualquiera. Siendo el número de veces, que pasará el tránsito, por la vía en n años, (Proyección del tránsito). El transito de diseño se determina:

$$TD = TPDA_0 * FC * FD * fc \quad (\text{Ec.7})$$

TD: transito de diseño a los N años.

TPDA₀: Transito Promedio Diario Anual Año Base.

FC: factor de Crecimiento

FD: Factor Direccional

Fc: Factor Carril

$$TD = 24 * 6,404 * 0.5 * 1$$

$$TD_{(\text{autos})} = 76,848$$

Estos resultados para cada tipo de vehículo se presentan en la tabla siguiente:

Tabla No. 2.12 Transito de diseño para el tramo Somotillo-Sn. Tomas del Norte

Tipo Vehículo	TPDA	FC	FD	fc	TD
Autos	24	6,404	0.5	1.0	76,848
Jeeps	20	6,404	0.5	1.0	64,040
Pick Ups	96	6,404	0.5	1.0	307,392
Microbús	9	6,404	0.5	1.0	28,818
Microbús > 15 Pasajeros	2	6,404	0.5	1.0	6,404
Autobús	23	6,404	0.5	1.0	73,646
C2 Liviano	12	6,404	0.5	1.0	38,424
C2 > 5 ton	4	6,404	0.5	1.0	12,808
T3S2	1	6,404	0.5	1.0	3,202
Vehículo Agrícola	1	6,404	0.5	1.0	3,202
TOTAL					614,784

Fuente: Elaboración Propia de los sustentantes.

Nota: Debido a que las motos tienen poca incidencia, respecto a la transmisión de su misma carga al pavimento, no se tomo en consideración para el transito de diseño.

CAPITULO III



ESTUDIO DE SUELOS

En el siguiente estudio se presentan los resultados de la exploraciones de campo con la ejecución de sondeos realizados a lo largo del tramo de 8 Km desde SOMOTILLO hasta SANTO TOMAS, y bancos aledaños al proyecto, con el propósito de obtener la información necesaria para evaluar las características de los materiales a través de su debida clasificación, análisis granulométrico y pruebas de California Bearing Ratio. (C.B.R.), una vez llevada a los laboratorio.

3.1 Trabajo de Campo

➤ Sondeo de Línea

Se realizaron sondeos manuales a una profundidad máxima de 1.50 m (*Tabla No. 3.1*), sobre la línea del tramo en estudio, distribuidos dos (2) por kilómetro, a la izquierda, y derecha de la línea central de la carretera investigada. El muestreo de los sondeos se hizo con pala pasteadora y barra. Luego las muestras de suelo seleccionadas tomadas en los sondeos de líneas correspondientes al estudio preliminar y definitivo, fueron trasladadas al laboratorio, para su clasificación definitiva de acuerdo a los análisis correspondientes.

Tabla No. 3.1

<i>Criterios Para La Ejecución De Sondeos En El Terreno</i>		
<i>Tipo de zona</i>	Espaciamiento (mt)	Profundidad(mt)
Carreteras	250-500	1.5
Pistas de aterrizaje	En la línea central 60-70	Cortes: 3mt, debajo de la rasante. Relleno: 3mt, debajo del suelo.
Otras áreas pavimentadas	1 perforación cada 1000m ²	Corte: 3m de la rasante Relleno: 3m del suelo
Bancos de prestamos	Pruebas suficientes para definir claramente el material.	Hasta la profundidad que se propone usar el préstamo.

Fuente: Ingeniería de pavimentos Alfonso Montejó Fonseca

De cada uno de estos sondeos se extrajeron muestras alteradas de los diferentes estratos encontrados, de acuerdo a los procedimientos estándar descritos en la designación ASTM. Dichas muestras se clasificaron, en el campo por procedimientos de vista y tacto principalmente, y luego fueron almacenadas adecuadamente y trasladadas al laboratorio para la realización de los análisis de laboratorio.

Se hizo recorrido a lo largo del proyecto con el propósito de localizar y muestrear fuentes de material, los cuales pueden suplir materiales de base y/o sub-base al proyecto.

3.2 Trabajo de Laboratorio

➤ **Ensayo de la Muestra**

Las muestras recuperadas de los sondeos manuales realizados a lo largo del tramo, se compararon por medio de vista y tacto en el Laboratorio. De esta comparación se obtuvieron las muestras a ensayar. Los ensayos realizados a dichas muestras fueron clasificadas de acuerdo al sistema ASTM D – 3282. (Ver [Anexo Tabla B .3.1](#)).

En el [Anexo Grafica B.3.2. “Perfil Estratigráfico de Línea Geotécnico”](#), se presenta la variabilidad de los distintos espesores de la capa sondeada a una profundidad de 1.50 m evaluados en cada uno de los sondeos realizados a lo largo de la carretera existente.

Una vez elaborado el Perfil Estratigráfico de Línea Geotécnico con la clasificación ASTM D- 3282 y comparadas sus características mecánicas por medio de vista y tacto, se agruparon las muestras y se les realizaron ensayos de CBR de laboratorio.

Todos los ensayos se realizaron conforme los procedimientos indicados en las normas de la ASTM, que se indican a continuación en la [Tabla No. 3.2](#).

Tabla No.3.2 Ensayos – Designación ASTM

No.	Ensayo	Designación ASTM
01	Granulometría	D-422
02	Límites de Attenberg	D-423, D-424
03	Humedad Natural	D-2216
05	Próctor Modificado	D-1557
06	CBR*	D-1883
08	Desgaste de los Ángeles (Bancos)	C-131
09	Intemperismo Acelerado (Bancos)	C-88
Notas		
* California Bearing Ratio		

Fuentes: Norma ASTM.

En los [Anexos Tabla B.3.2](#) se presentan los resultados de ensayos de laboratorio de los sondeos manuales en la línea de la carretera, del trazado existente, y bancos de préstamo en [Anexos Tabla B.3.3](#).

3.3 Análisis de los Resultados.

3.3.1 Suelo Predominante en la Capa De Rodamiento

En el presente tramo la estructura del pavimento existente está compuesta por una capa de rodamiento de material granular.

Desde la estación 0+000 hasta la estación 8+000 la capa de rodamiento está conformada por una capa granular, con espesores investigados que varían entre

15 cm. y 45 cm. máximo de profundidad, presentando un valor medio de 35 cm. Actualmente en dicha capa predomina un material gravo areno limoso, color café claro. Este material se clasifica de acuerdo a la AASHTO M-145 como un A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-2-6 y A-4 con índice de grupo de 0 – 8 máximos.

A continuación en la siguiente tabla se muestran los resultados de CBR de laboratorio obtenidos sobre muestras procedentes de la Capa de Rodamiento.

Tabla No.3.3

Estación	CRB (95%) Capa de Rodamiento
0+000	60
0+500	50
1+000	40
1+500	40
2+000	80
2+500	90
3+000	54
3+500	70
4+000	80
4+500	90
5+000	90
5+500	80
6+000	36
6+500	37
7+000	37
7+500	53
8+000	40

Estos materiales presentan un C.B.R. de laboratorio variable de **36%** a **90%** a una compactación del **95%** próctor modificado.

A continuación en la [Tabla No. 3.4](#), se presentan las características de los materiales encontrados en la sub-rasante.

Tabla No.3.4: Características de la Capa Rodamiento

No.	Ensayes Realizados	Rango de Variación de los Resultados
01	Granulometría (% en peso que pasa mallas)	
	3"	--
	2"	100
	1"	62 – 94
	No.4	16 - 68
	No.10	14 – 52
	No.40	11 – 44
	No.200	8 – 27
02	Límites de Atterberg	
	Límite Líquido (%)	NP – 43
	Índice Plástico (%)	NP – 17
03	Clasificación AASHTO M-145	A-1-a, A-1-b, A-2-4 y A-2-6
04	Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	2015 – 2118
05	Humedad Óptima (%)	7.5 – 10.3
06	CBR Saturado	
	95 % de Compactación próctor modificado	36 – 90

3.3.2 Suelo Predominante en capa inferior al Rodamiento

De acuerdo a los alcances de la investigación realizada y los sondeos manuales investigados hasta la profundidad de 45 – 58 cm, se define a la capa predominantemente como una arcilla limosa, color café. Este material se clasifica de acuerdo a la AASHTO M-145 predominantemente como, A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-4, y A-5, índice de grupo variable entre cero y doce máximo.

A continuación en la siguiente tabla se muestran los resultados de CBR de laboratorio obtenidos sobre muestras procedentes de la capa inferior al Rodamiento.

Tabla No.3.5

Estación	CRB (95%) Capa Inferior al Rodamiento
0+000	25
0+500	23
1+000	30
1+500	23
2+000	30
2+500	20
3+000	25
3+500	18
4+000	20
4+500	70
5+000	70
5+500	48
6+000	18
6+500	20
7+000	20
7+500	20
8+000	23

Fuente: Estudio de Suelo Empresa TYPASA.

Como se puede observar el valor de CBR de esta capa varía entre **18% y 70%**.

En el [Anexo Grafica B.3.1. "Perfil Estratigráfico de Línea Geotécnico"](#) se presenta la variabilidad de los distintos espesores de la de dicha capa a una profundidad de 0.45 – 0.58 m evaluados en cada uno de los sondeos realizados a lo largo de la carretera existente.

Los sondeos manuales investigados hasta la profundidad de 0.58 - 1.50 m, predominantemente como una arcilla limosa, color café. Este material se clasifica de acuerdo a la AASHTO M-145 predominantemente como, A-4, A-6, A-7-5 y A-7-6, índice de grupo variable entre cero y veinte.

Como se puede observar en el [Anexo Tabla B.3.2.](#) el valor de CBR varía entre **8% a 30%**, los valores más bajos se correlacionan muy posiblemente con material de baja calidad de carácter puntual, dicho materiales la mayoría se encuentran a profundidades mayores de 1.20m, por tal razón esta deficiencia del terreno no repercute con el diseño de dicho proyecto por la profundidad en que se encuentra este material.

[3.4 Estudio de Banco de Préstamo.](#)

3.4.1 Localización y Muestreo de Bancos de Préstamo: Son las zonas de tierra que posiblemente podrían ocuparse para los trabajos de terracerías en un proyecto de carretera. La investigación geológica de campo, evalúa visualmente las posibles fuentes de materiales programados, para uso potencial en el proyecto de construcción de la carretera Somotillo – Sn. Tomas. Como resultado de estas investigaciones se escogieron 8 bancos, para ser analizados, convenientemente ubicados, de fácil acceso y con un volumen de material aceptable. De los cuales se seleccionaron dos bancos de préstamos a utilizarse en el tramo en estudio que se ubica [Ver Anexo Grafica B.3.6.](#)

Estas muestras fueron clasificadas in situ, mediante identificación rutinaria de campo por métodos visuales y de tacto y luego fueron remitidas al laboratorio de suelos para ser sometidas a los ensayos pertinentes. El muestreo se realizó conforme al procedimiento estándar descritos en la designación ASTM D-420.

La actividad realizada durante la exploración de campo comprendió inspección y muestreo de bancos.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

- Localizar y muestrear a lo largo de línea del proyecto o en sus proximidades, bancos de materiales que pueden ser utilizados para terracería, capa sub-rasante, sub-base, base, mezcla asfáltica y concreto hidráulico
- Estimar el volumen aproximado del material que se puede obtener de dichos bancos de préstamos

Las actividades principales realizadas para lograr estos objetivos, comprendieron principalmente las siguientes:

- Exploración de campo
- Muestreo de materiales en bancos
- Ensayes de laboratorio de muestras recuperadas

Los volúmenes de los bancos de materiales se calcularon en base a una inspección geológica. Para este tramo en cada banco de material conformado por suelo se realizaron cinco calicatas a profundidades variables entre la superficie del terreno natural y 3.00 m de profundidad, algunas no se llevaron a la profundidad programada de 3.0 m por encontrarse material consolidado, [Ver Anexo Tabla B.3.4.](#)

Las calicatas se distribuyeron de tal forma que formaran un cuadro cubriendo todo el banco y así calcular el área por calicata. En los bancos de roca se tomaron cinco muestras superficiales.

El banco El Portillo situado en la estación 21+500 se ha desestimado para su uso de acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos.

Para las pendientes a utilizar en los bancos de materiales deben cumplir las especificaciones que se indican en la Norma Técnica Nicaragüense NTON 05-016-02, publicada en marzo del año 2002.

3.4.2 Características de los Bancos.

A continuación se presenta una correlación de los volúmenes de material encontrado en los bancos vs las necesidades de materiales del tramo puesta en obra.

Tabla No.3.6: Volumen Bancos de Materiales

Nº	Nombre del Banco	PK. (Distancia acceso) Km.	Volumen Estimado (m3)	Tipo de Material	Descripción del Material	Uso Potencial
1	Entrada a Santa Teresa	1+600 derecha	> 100,000	Roca andesito-basáltica	Grava gruesa limo arcillosa	Terraplén, Sub-base.
3	Los Limones	9+520 0.5 Km. izquierda	> 100,000	Rocas Andesíticas	Roca	Pedraplén, sub-base, Base y agregados

Fuente: Estudio de Suelo Empresa TYPASA.

- El material del banco **Entrada a Santa Teresa** está constituido por una grava gruesa limo arcillosa proveniente de la intemperización de la roca de composición basalto – andesita, fracturada. De acuerdo a lo ensayos efectuados el material procedente de este banco es apto para usarse como relleno de terraplén y sub-base (en el caso de los términos menos

alterados), previo control de las condiciones granulométricas.

- La roca sana del **banco Los Limones** se caracteriza como una lava basalto – andesita. De acuerdo a los resultados de ensayos efectuados, el material triturado, previo control de las condiciones granulométricas, presenta características adecuadas para su uso como sub-base, base, terraplén y agregados.
- Los dos bancos escogidos cumplen satisfactoriamente con las necesidades de material de este tramo.

3.5 Determinación del CBR de Diseño

Debido a que a lo largo de la línea sondeada los valores en algunos casos del C.B.R. en la capa de rodamiento son muy altos (valores de C.B.R. de **90% y 80%**), y ya que los valores en la parte inferior de esta capa son valores confiables (valores de C.B.R. de **20% a 70%**), por tal razón se tomaron los C.B.R. menores que **90% y 80%**, que se encuentran en el estrato inferior de la capa de rodamiento del terreno, se tomaran para el diseño.

Es importante señalar que los valores tomados para este diseño, son valores C.B.R. que varían de **18% a 70%** en la capa superficial y capa inferior de la línea donde se realizaron los sondeos, el espesor encontrado en toda la línea es de 15cm, si este no cumplen con los espesores calculados, estos se complementarían con material procedente de los bancos a utilizar expuestos anteriormente, antes de complementar con este material se escarificará la capa superficial encontrada.

Tabla No.3.7:

Estación	CRB (95%) De Diseño
0+000	60
0+500	50
1+000	40
1+500	40
2+000	30
2+500	20
3+000	54
3+500	70
4+000	20
4+500	70
5+000	70
5+500	48
6+000	36
6+500	37
7+000	37
7+500	53
8+000	40

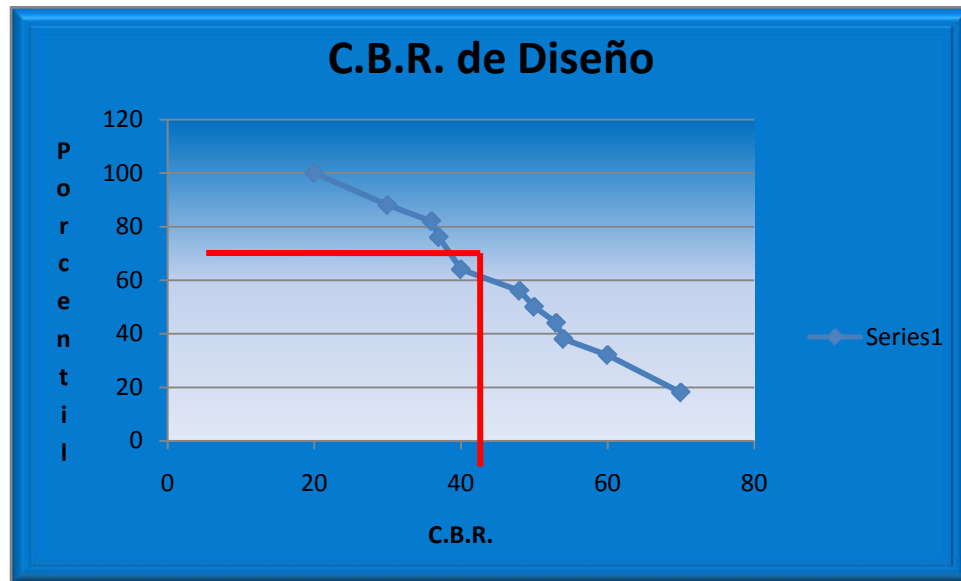
Anexo 2.- Cálculo del Percentil CBR de Sub-Rasante

Calculo de CBR Sub-rasante por el Método del Instituto del Asfalto (CBR al 95%PN)

Tabla No.3.8:

CBR	Cantidad	Porcentaje	Percentil
20	2	12	100
30	1	6	88
36	1	6	82
37	2	12	76
40	3	18	64
48	1	6	56
50	1	6	50
53	1	6	44
54	1	6	38
60	1	6	32
70	3	18	18
	17	100	0

Grafica No.3.1.



FUENTE :ELABORACION PROPIA

De acuerdo a estos datos se determinó un valor promedio de **CBR 37%** para un **Percentil de 75** para la Sub-Rasante, según Ejes equivalente (ESAL), [Tabla N°3.9](#). Tal y como se muestra en la grafica anterior.

Tabla No.3.9:

Percentil - CBR	
Nº eje (8.2 ton) carril de diseño	Percentil a seleccionar para el CBR de diseño
< 10 ⁴	60
10 ⁴ – 10 ⁶	75
> 10 ⁶	87.5

Fuente: Principios de Construcción de Pavimento de mezcla Asfáltica en Caliente

CAPITULO IV



Diseño De Pavimento

El Método de Diseño empleado para el cálculo de espesores de pavimento flexible, corresponde a la Versión de 1993 del procedimiento desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO - 1993), mediante el programa computarizado diseño y análisis de pavimento, creado por Thomas P. Harman, en conjunto con Randel C. Riley, P.E y William Feliz, P.E versión 3.3- 1988.

4.1-Factores Para El Diseño De Pavimento

El método ASSHTO-93, considera los siguientes factores para el diseño de pavimentos flexibles:

- ✓ Ejes Equivalentes.
- ✓ Confiabilidad.
- ✓ Desviación Estándar.
- ✓ Serviciabilidad.
- ✓ Propiedades de los Materiales.
 - Modulo Resilente o Elástico.
 - Coeficientes de Capas
- Drenaje

4.1.1- Ejes Equivalentes (ESALs)

Esta variable se refiere al número de repeticiones de cargas equivalentes de 18,000 lbs, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento. La conversión de una carga dada por ejes equivalentes, se hace a través de los factores equivalentes de cargas (LEF).

4.1.2- Factores Equivalentes de Carga (LEF)

La carga estándar para diseño de pavimentos es el eje simple de 18000lbs, el efecto de las cargas distintas a esta se tiene en cuenta para el diseño aplicando, los llamados factores equivalentes de cargas (LEF_i), estos se obtienen del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA ([Ver Anexos Tabla A.2.5](#)).

Para la determinación de los ejes equivalentes que circulan por la vía, en todo el periodo de diseño, se hará el uso para las cargas de cada vehículo por eje, de cada tipo de vehículo sugerido por la del Ministerio de Transporte e Infraestructura (ver Anexos Tabla A.2.4).

4.1.3 Cálculo del ESALs de Diseño

Para el cálculo del ESALs de diseño, se utilizó la siguiente fórmula, con ayuda de los factores de equivalencia de carga contemplados en la guía de AASTHO 93.

$$\text{ESAL de diseño} = \text{TD} * \text{LEF} \quad (\text{Ec.1})$$

ESAL: Ejes Equivalentes De Diseño

TD: Transito De Diseño

LEF: Factor De Equivalente De Carga

$$\text{ESAL de Diseño (Autos)} = 76,848 * 0.000218 = 16.753$$

Se tomó un valor para el número estructural del pavimento $SN = 4$, con lo cual se determinaron los coeficientes de cargas, tanto para ejes simples como dobles. Una vez determinado el ESALs, para cada vehículo se efectuó una sumatoria, para obtener el ESALs total de diseño.

La siguiente tabla 4.1 resume los valores de los coeficientes de cargas para cada tipo de vehículo y el valor del ESALs total de diseño.

Tabla 4.1- ESALs Total de Diseño

Tipo Vehículo	Peso/Eje (Kips)	Transito Diseño	LEFs	ESALs
Autos	2.2	76,848	0.000218	16.753
	2.2	76,848	0.000218	16.753
Jeeps	2.2	64,040	0.000218	13.961
	2.2	64,040	0.000218	13.961
Pick Ups	2.2	307,392	0.000218	67.011
	4.4	307,392	0.0216	6639.667
Microbús	4.4	28,818	0.0216	622.469
	8.8	28,818	0.0538	1550.408
Microbús > 15 P.	8.8	6,404	0.0538	344.5352
	17.6	6,404	0.9224	5907.0496
Autobús	11	73,646	0.134	9868.564
	22	73,646	2.31	170122.26
C2 Liv.	8.8	38,424	0.0538	2067.211
	17.6	38,424	0.9224	35442.298
C2 > 5 Tn.	11	12,808	0.134	1716.272
	22	12,808	2.31	29586.48
T3S2	11	3,202	0.134	429.068
	36	3,202	1.38	4418.76
	36	3,202	1.38	4418.76
V. Agrícola	8	3,202	0.003	9.606
	12	3,202	0.183	585.966
	12	3,202	0.183	585.966
Suma				274,443.78

Fuente: Elaboración Propia de los sustentantes

Ejes Simple
Ejes Dobles

4.1.4- Confiabilidad (R)

Es el nivel de certeza que el pavimento funcione en todo el periodo, bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño. Por lo tanto para el tramo en estudio como se encuentra en una zona rural y es clasificada como colectoras, utilizaremos un nivel medio de confiabilidad igual ($R= 85\%$).

Tabla No. 4.2-Niveles de Confiabilidad Sugeridos para Diferentes Carreteras.

Clasificación Funcional	Niveles de Confiabilidad Recomendados.	
	Urbano	Rural
Autopistas Interestatales	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Carreteras Locales.	50-80	50-80

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO – 1993
Parte II, Capítulo 2, pag. II-9

4.1.5 -Desviación Estándar (S_o)

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad, en este paso deberá seleccionarse un valor S_o , representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito. Para este estudio se tomó un valor promedio. ($S_o = 0.45$).

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO – 1993, Capítulo 2.

4.1.6- Serviciabilidad

Indica la eficacia con que el pavimento sirve al pavimento que lo va a utilizar, y la mejor forma para evaluar esto es por el Índice Servicio Presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el numero, mejor será su condición al trafico. Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final; los valores que se recomiendan son:

Índice de Serviciabilidad Inicial

Po= 4.5 \Rightarrow Pavimentos rígidos

Po= 4.2 \Rightarrow Pavimentos Flexibles

Índice de Serviciabilidad Final

Pt= 2.5 \Rightarrow Caminos Importantes

Pt= 2.0 \Rightarrow Caminos de Transito Menor

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO – 1993, Capitulo 2, pag: II-10

En este estudio se asume un Po = 4.2 y un Pt = 2.00, teniendo entonces los Po y los Pt la perdida de serviciabilidad es la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y final, dando como resultado una $\Delta PSI = 2$

$$\Delta PSI = Po - Pt \quad (\text{Ec.2})$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

4.1.7- Propiedades de los Materiales

4.1.7.1 Modulo Resilente Elástico

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas. Para su determinación se ha establecido correlaciones a partir de otros ensayos como el CBR encontrándose que su relación se define como:

Para suelos granulares:

$$Mr = 4326 \cdot \ln CBR + 241; \text{ para } CBR > 20\%$$

De acuerdo al estudio de Suelo se determino un CBR de diseño de la Sub-Rasante de **37%**,

$$Mr = 4326 \cdot \ln(37) + 241 \quad (\text{Ec.3})$$

$$Mr = 15,863.00 \text{ PSI}$$

4.1.7.2 Coeficiente de Capas.

Carpeta Asfáltica:

El coeficiente estructural se tomo basado en el modulo elástico del concreto asfaltico que este a su vez se obtiene de la estabilidad Marshall, la cual determina el contenido optimo de asfalto, para una combinación específica de agregados.

La Estabilidad Marshall de diseño será de 1, 200 lbs según la tabla (ver [Anexos Tabla C.4.1](#)) con un modulo de resiliencia de la carpeta de 250,000 psi, entonces el coeficiente estructural será de $a_1 = 0.33$ (ver [Anexos Grafico C.4.2](#)).

Capa Base

El CBR (80%), que es el valor en la capa superficial del tramo de estudio y que de acuerdo al estudio es apta para ser utilizada como Base, este corresponde un modulo $M_{RB} = 28,000 \text{ PSI}$ (ver Anexos Grafico C.4.3) y un coeficiente estructural de $a_2 = 0.13$ (ver Anexos Grafico C.4.3) y que si fue necesario el completar la capa, se utilizara el material predominante del Banco Sta. Teresa que tiene un CBR mínimo de **98%** (ver Anexos Tabla B.3.4) que cumple con un buen material, antes de complementar con este material se escarificará la capa superficial encontrada.

En la [Tabla No. 4.4](#) se muestran los espesores mínimos para los tipos de base a utilizar según el ESAL.

4.1.8- Drenaje

La humedad es una característica muy especial de los pavimentos, ya que ésta reviste gran importancia sobre las propiedades de los materiales que forman la estructura de un pavimento y sobre el comportamiento de los mismos.

El efecto que tiene el agua, sobre la resistencia del material de Base y la Sub-Rasante, es de gran importancia, para la estructura del pavimento, debido a esto se debe proporcionar una capa adecuada de drenaje rápido al agua libre (no capilar),

Se multiplica el coeficiente estructural de cada capa, por el factor (m_i), esto se aplica a los coeficientes de Base y Sub-Base.

Tabla No. 4.3 Valores Recomendados de (m_i)

Porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesta a los niveles de humedad cercanos a la saturación				
Calidad del Drenaje	Menos de			Mas de
	1%	1-5%	5-25%	25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.8	0.8
Mala	1.15-1.05	1.05-0.8	0.8-0.6	0.6
Muy Mala	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.4	0.4

FUENTE: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA

Debido que para la selección de un coeficiente de drenaje, intervienen los factores como: el tiempo de drenaje de cada capa, evaluar altos porcentajes de humedad que el pavimento estará expuesto y la calidad del drenaje (pendiente transversal, longitudinal y ancho de la base permeable).

Su utilizó un valor para el estudio de pavimento de $m_i= 1$, tanto para la carpeta asfáltica, como para la capa de la base.

4. 2- Espesores Requerido.

Tabla No. 4.4 Espesores mínimos

Espesores en pulgadas en función de los ejes equivalentes		
Transito ESALs en ejes equivalentes	Concreto Asfáltico (pulgadas)	Base Granular (pulgadas)
Menor de 50000	1	4
50001 – 150000	2	4
150001 – 500000	2.5	4
500001 – 2000000	3	6
2000001 – 7000000	3.5	6
Mayor de 7000000	4	6

FUENTE: Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos. SIECA.

En la practica no deben colocarse capas con espesores menores que los mínimos requeridos, ya que las capas con espesores mayores que el mínimo son mas estables. Frecuentemente se especifica un valor mayor en el espesor de capas, con el objeto de mantener la estructura de pavimento en mejores condiciones para absorber los efectos que producen los suelos expansivos. Tales mínimos dependen de las prácticas locales y está condicionado el usarlos; diseñadores pueden encontrar necesario modificar hacia arriba los espesores mínimos por su experiencia obtenida; estos valores son sugeridos y se considera su uso tomando en cuenta que son capas asfálticas sobre bases granulares sin tratar.

Los valores de los Módulos Elásticos se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla No. 4.5 Valor de Módulo Elástico De Los Materiales

Capa	CBR (%)	ME (lb/pulg ²)
Mezcla Asfáltica		250,000
Base	80	28,000
Sub-Rasante	37	15,863

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Espesores Calculados:

Se presentan los resultados de los cálculos que realizo el Programa Pavimento Análisis Software, en este programa se ingresaron los siguientes valores antes encontrados como son:

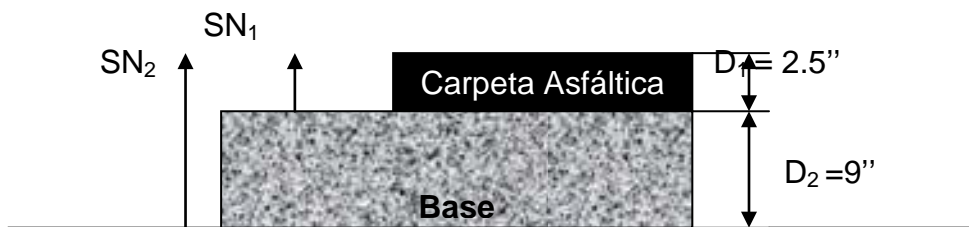
- ✓ Ejes Equivalentes ESAL= 274,443
- ✓ Confiabilidad (%) R= 85
- ✓ Desviación Estándar S_0 = 0.45
- ✓ Serviciabilidad Inicial P_0 = 4.2
- ✓ Serviciabilidad Final P_t = 2
- ✓ Propiedades de los Materiales.
 - Modulo Resilente Sub Rasante MR= 15,863
 - Coeficientes estructural Carpeta Asfáltica a_1 = 0.33
 - Coeficientes estructural Base a_2 = 0.13

➤ Drenaje mi=

1

Dando como resultado los siguientes espesores (ver Anexos Figura C.4.3, Figura C.4.4):

- **Carpeta Asfáltica : 2.5''**
- **Base: 9''**
-



Sub-Rasante.

Es importante señalar que el valor de la capa Base existente a utilizarse es de 15 cm de espesor mínimo en algunos tramos y debido a que el espesor calculado para el diseño de la misma Base es de 23 cm, estos tramos que no cumplen con los espesores calculados se complementaran con material procedente de los bancos a utilizar expuestos anteriormente, antes de complementar con este material se escarificará la capa superficial encontrada para luego mezclarlas y compactarlas.

CAPITULO V

Conclusiones



Recomendaciones

Después de analizar la información obtenida de los estudios de tránsito, suelos (sondeos de línea y bancos de préstamo), cálculo de los espesores de cada capa para la estructura del pavimento según el método AASHTO '93 y se llegó a las siguientes conclusiones:

5.1 Conclusiones

Estudio de Transito.

- En el tramo circula un volumen total de 1,622 vehículos por día, de acuerdo al conteo vehicular. Considerando un periodo de diseño de 15 años y una tasa de crecimiento de 2.2%, se obtuvo un tránsito de diseño de 614,784 Veh.,

El numero de ejes equivalentes total, calculado es de 274,443.78 repeticiones de carga, para los cuales los Autobuses representan el 65.6% con (179,990.824 repeticiones), el vehículo C2 Liv., le corresponde un 13.7% (37,509.509 repeticiones), y 11.4% el C2 > 5Tn, respectivamente. Debido a que el Autobús presenta mayor porcentaje de ejes equivalentes, esto indica que el pavimento recibe mayor carga, de este vehículo.

Estudio de Suelo.

- Desde la estación 0+000 hasta la estación 8+000 la capa de rodamiento está conformada por una capa granular, con espesores investigados que varían entre 15 cm. y 45 cm. máximo de profundidad, presentando un valor medio de 35 cm. Actualmente en dicha capa predomina un material gravo areno limoso, color café claro. Este material se clasifica de acuerdo a la AASHTO M-145 como un A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-2-6 y A-4 con índice de grupo de 0 – 8 máximos.

El material de la capa granular de rodadura investigado a lo largo del tramo se considera adecuado utilizarlo como Base.

- De acuerdo a los alcances de la investigación realizada y los sondeos manuales investigados hasta la profundidad de 45 – 58 cm, se define a la capa predominantemente como una arcilla limosa, color café. Este material se clasifica de acuerdo a la AASHTO M-145 predominantemente como, A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-4, y A-5, índice de grupo variable entre cero y doce máximo.
- Los sondeos manuales investigados hasta la profundidad de 0.58 - 1.50 m, predominantemente como una arcilla limosa, color café. Este material se clasifica de acuerdo a la AASHTO M-145 predominantemente como, A-4, A-6, A-7-5 y A-7-6, índice de grupo variable entre cero y veinte.
- En la zona en estudio se encontraron 8 bancos de préstamos de los cuales solamente 2 de ellos (**Banco Entrada a Santa Teresa, Banco Los Limones**), son los que están más cercanos a las especificaciones requeridas, (NIC-2000) para utilizarse en las diferentes capas del pavimento diseñado en el presente proyecto, y se encuentran a distancias muy cercanas al proyecto y el volumen de material encontrado es suficiente para el volumen calculado que se ocupara en el proyecto.
- Debido a que la capa de rodamiento con espesor mínimo encontrado de 15cm y la cual se encuentra apta para ser utilizada como base, la Sub rasante estará a 15 cm de profundidad de la capa superficial, y su valor de **CBR de Diseño es 37%** para un **Percentil de 75** para la Sub-Rasante, según Ejes equivalente (ESAL) encontrados en los estudios de Transito y Suelo respectivamente.

Estudio de Diseño de Pavimento.

- Construir la estructura de Pavimento de acuerdo a los siguientes espesores:

Espesor de Estructura de Pavimento		
Capas de pavimento	Espesor (pulgada)	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	2.5	6.35
Capa Base	9	23
Espesor Total	11.5	29.35

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Recomendaciones

De los resultados obtenidos de la investigación de campo y laboratorio se presentan las siguientes recomendaciones;

Estudio de Transito

- Se recomienda realizar conteos clasificados del trafico anuales, en el tramo para determinar un mejor comportamiento del tránsito, medir la capacidad de la vía, entre otros, esto por la discontinuidad de datos presentados por el MTI, a través de sus aforos en los últimos ocho años, esto con el objetivo de proponer rehabilitaciones futuras, una vez que entre en operación el pavimento.
- Realizar continuos estudio de las cargas del tráfico que circula por dicha vía, por medio de Báscula de pesaje.

Estudio de Suelo

Material para agregados y Base

Podrán proceder de trituración del material rocoso los bancos Los Limones y Entrada a Santa Teresa.

Previo y durante la explotación, antes del traslado de los materiales de los bancos de préstamos y durante su colocación, se deberá realizar un riguroso control de calidad de sus características físicas y mecánicas. Este control deberá estar planificado y recogido en el plan de calidad a elaborar por el contratista con anterioridad al inicio de las obras y deberá ajustarse a las especificaciones del Proyecto debiendo ser aprobado por la Supervisión (Dueños del Proyecto).

Antes de la explotación de los bancos se deberá tener cuidado de efectuar previamente el descapote, desalojando la capa superficial del terreno natural que por sus características físicas, no es adecuada para la construcción de la estructura de pavimento.

Los bancos de materiales ubicados en áreas donde existan acuíferos destinados al abastecimiento público, deben tener una profundidad máxima de aprovechamiento de tal forma que la distancia entre el nivel más inferior de corte de materiales y el nivel máximo superior estacional del agua subterránea, sea como mínimo de 5 metros.

Las actividades de explotación deben ser planificadas durante un período de trabajo comprendido de las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. En aquellos sitios donde hubiere asentamientos humanos en las cercanías.

Estudio de Diseño de Pavimento

- Tener un control en lo que corresponde a colocación y compactación de las diferentes capas de la estructura y garantizar que los espesores sean los obtenidos del diseño para que la vía pueda cumplir con su periodo de diseño.
- Durante la construcción de la obra se recomienda una adecuada supervisión que permita un control riguroso de la cantidad de materiales, así como de los procesos constructivos.
- Los tramos que no cumplen con los espesores de la Base calculados se complementaran con material procedente de los bancos a utilizar expuestos anteriormente, antes de complementar con este material se recomienda escarificar la capa superficial encontrada para luego mezclarlas y compactarlas.

BIBLIOGRAFIA

- Mecánica de Suelos, Curso de Titulación Obras Viales, Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba.
- Estudio de Transito, Curso de Titulación Obras Viales, Msc. Ing. Bernardo Calvo.
- Pavimento Flexible, Curso de Titulación Obras Viales, Msc. Ing. Israel Morales.
- Crespo Villalaz Carlos “Mecánica De Suelos y Cimentaciones”, Editorial Limuza México -1979., Primera Edición, Pág 571.
- Crespo Villalaz Carlos “Vías De Comunicación: Caminos, Ferrocarriles Aeropuertos, Puentes y Puertos”, Editorial Limuza, México, Cuarta Edición, Pág 783.
- Garber Nicholas, Hoel A. Lester “Ingeniería De Transito y Carreteras”, Editorial Alfaomega, Decima Edicion-2006, Pág 1782.
- Guide for Design of Pavement Structures AASHTO-93.
- “Manual Para El Diseño De Carreteras Pavimentadas, Con Bajo Volumen De Trafico”. Lima-Perú-Marzo 2008.
- Montejo Fonseca Alfonso “Ingeniería De Pavimento Para carreteras”, Editorial: Stella Valbuena de Fierro, Segunda Edicion-2002, Pág 734.
- Proyecto Estudio De Transito: ” Tramo Somotillo-Santo Tomas”, Empresa TYPASA-AZTECA,
- Estudios De Suelos Efectuado Al Tramo: “Somotillo- Santo Tomas”, Empresa TYPASA-AZTECA.

ANEXO



A) ESTUDIO DE TRANSITO

Tabla A.2.1

CLASIFICACION VEHICULAR











Clasificación Vehicular	Tipo de Vehículo	Esquema Vehicular	Descripción De La Tipología Vehicular
Vehículos De Pasajeros	Motocicletas		Incluye todo tipo de motos como: Minimito, Cuadriciclos,
	Automóvil		Se consideran todos los tipos de vehículos los de cuatro y dos ruedas.
	Jeep		Se consideran todos los tipos de Vehículos 4x4.
	Camioneta		Se consideran todos tipos de Vehículos con tina en la parte trasera.
	Microbús		Se consideran con capacidad menos de 15 pasajeros.
	Minibús		Son todos aquellos con capacidad de 15-30 pasajeros.
	Bus		Se consideran tipos buses con capacidad mayor de 30 pasajeros.
Vehículo De Carga	Liviano de Carga		Estos con capacidad Max. 4 ton.
	Camión De Carga C-2, C-3		Son todos los camiones C2 (2 ejes), C3 (3 ejes), con peso mayor de 5 Tn.
	Camión de Carga Pesada TX-SX		Camiones para transporte de carga pesada.

Tabla A.2.2

FACTORES DE LA ESTACION DE MAYOR COBERTURA 2400

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S=>5	C-R<=4	C-R=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.27	1.37	1.27	1.25	1.34	1.33	1.25	1.26	1.39	1.30	1.00	1.34	1.00	1.00	1.17	1.00	1.09
Factor Semana	0.99	1.05	0.98	0.96	1.03	1.10	0.98	0.93	0.93	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	1.00	0.91
Factor Fin de Semana	1.02	0.90	1.05	1.12	0.93	0.82	1.06	1.22	1.23	1.37	1.00	1.00	1.00	1.00	3.50	1.00	1.34
Factor Expansión a TPDA	1.51	2.31	1.14	1.13	0.99	1.12	1.05	1.07	1.22	0.92	1.00	1.05	1.00	1.00	3.30	1.00	1.44

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S=>5	C-R<=4	C-R=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.33	1.29	1.23	1.25	1.30	1.16	1.28	1.27	1.27	1.16	1.00	1.37	1.00	1.50	1.04	1.00	1.09
Factor Semana	0.98	1.01	0.99	0.94	1.00	0.87	0.95	0.92	0.92	0.90	1.00	1.02	1.00	2.14	0.87	1.00	0.90
Factor Fin de Semana	1.06	0.97	1.02	1.19	0.99	1.57	1.14	1.30	1.29	1.41	1.00	0.95	1.00	0.43	1.59	1.00	1.40
Factor Expansión a TPDA	0.92	0.79	0.85	0.93	1.04	1.17	0.93	0.95	0.91	1.01	1.00	0.93	1.00	1.00	1.11	1.00	0.93

Tabla A.2.3

LISTADO HISTORICO DE TPDA

NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA 2001	TPDA 2002	TPDA 2003	TPDA 2004	TPDA 2005	TPDA 2006	TPDA 2007	TPDA 2008	TPDA 2009	TPDA 2010
NIC-32A	3211	ECS	160.0	LA SIRENA - EMP. EL REGADÍO		125		128			164			165
NIC-32A	3205	ECS	169.5	EMP. EL REGADIO - EMP.LA FRATERNIDAD		80		88			94			
NIC-32A	3212	ECS	186.0	EMP. LA FRATERNIDAD - LA CEIBITA		63		72			52			
NIC-32B	3201	ECD	219.4	SOMOTILLO - SANTO TOMAS DEL NORTE		185			144				232	370
NIC-32B	3202	ECS	228.0	SANTO TOMÁS DEL NORTE - CINCO PINOS					146					296
NIC-32B	3203	ECS	242.0	CINCO PINOS - SAN FRANCISCO DEL NORTE					52					
NIC-32B	3204	ECS	260.0	SAN FRANCISCO DEL NORTE - SAN JUAN DE LIMAY					67			115		87
NIC-32C	7801	ECS	198.0	INTER NIC-24 KM 194- PALO GRANDE - SAN ENRIQUE		62				64			110	

Tabla A.2.4**PESOS DE VEHICULOS**

Tipo de Vehiculo	Peso por eje en Ton	Peso por eje en Lbs.
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C2-LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

Fuente: Dirección general de viabilidad ministerio de transporte e infraestructura

Tabla A.2.5.

Factores Equivalentes De Carga Para Ejes Simples

Tabla A-5 *Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$*

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
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

Fuente: Guía ASSTHO93

Tabla A.2.6

Factores Equivalentes de Carga, Para Ejes Dobles

Tabla A-6 *Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$*

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
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

Fuente: Guía ASSTHO93

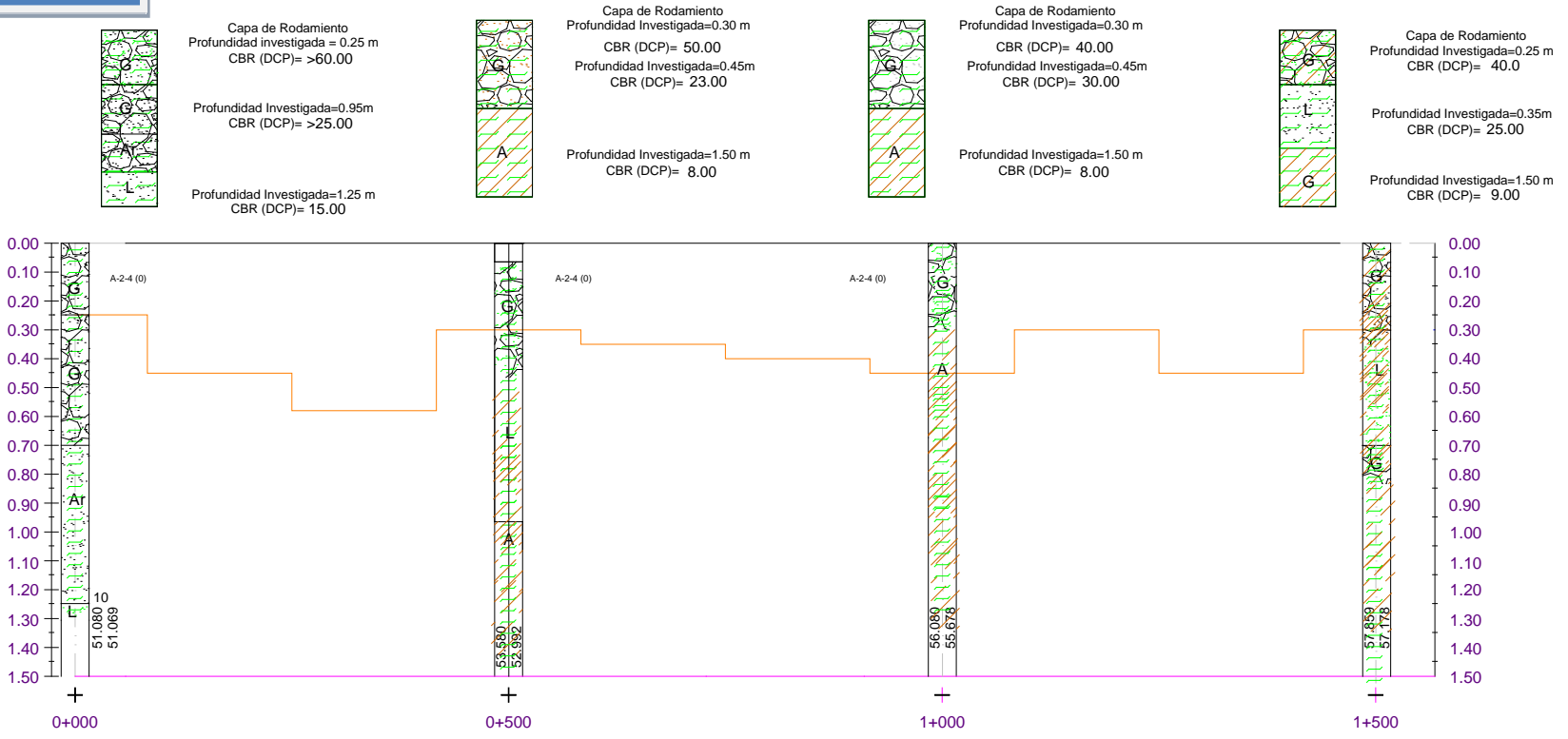
A) ESTUDIO DE SUELO

Tabla B.3.1: Clasificación de suelos según AASHTO.

CLASIFICACION DE SUELOS SEGÚN AASHTO

Clasificación General		Materiales Granulares que el 35% o menos del total pasa el tamiz N° 200							Materiales Limo – Arcillosos más del 35% del total pasa el tamiz N°200				
Clasificación de Grupo		A - 1		A - 3	A - 2				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 - 5	A - 7 - 6
% Que Pasa Tamiz N°	10	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	30 máx.	50 máx.	51 min.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Límites de Atterberg	Límite Líquido (LL)	-	-	-	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	41 min.
	Índice Plástico (IP)	6 máx.	6 máx.	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	11 min.
Índice de Grupo		0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	20 máx.
Características del Material		Fragmentos de Grava, Arena y Piedra		Arena Fina	Limo Arcilloso, Gravilla y Arena				Suelo Limoso		Suelo Arcilloso		

Grafica B.3.1



Carretera S-1. Somotillo - Sn. Tomas del Norte

LEYENDA

- Arena
- Limo
- Arcilla
- Grava
- Ar=Predomina Arena
- L= Predomina Limo
- A= Predomina Arcilla
- G= Predomina Grava

Estratigrafía de la estación 2+000 hasta 3+500

Grafica B.3.2

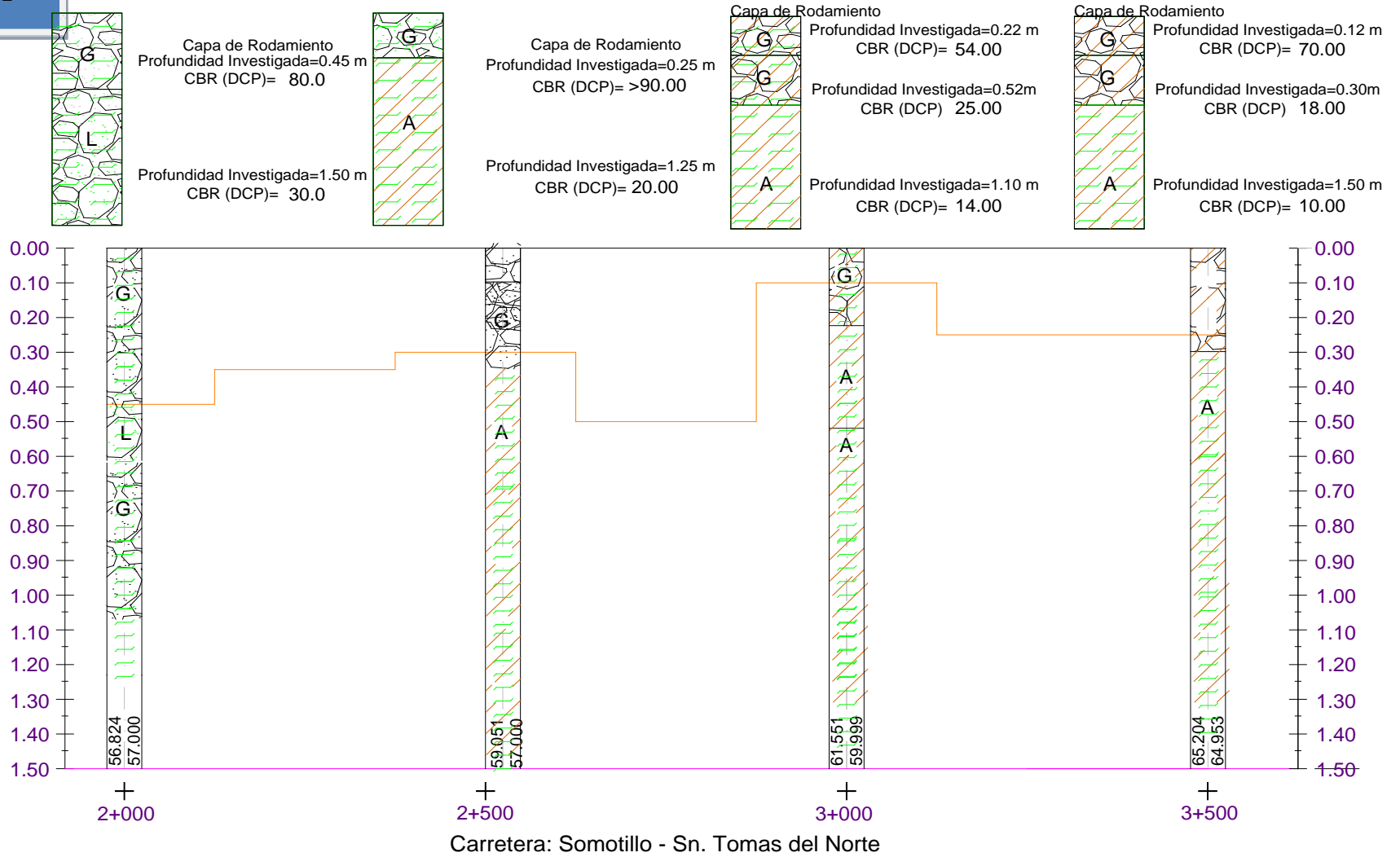
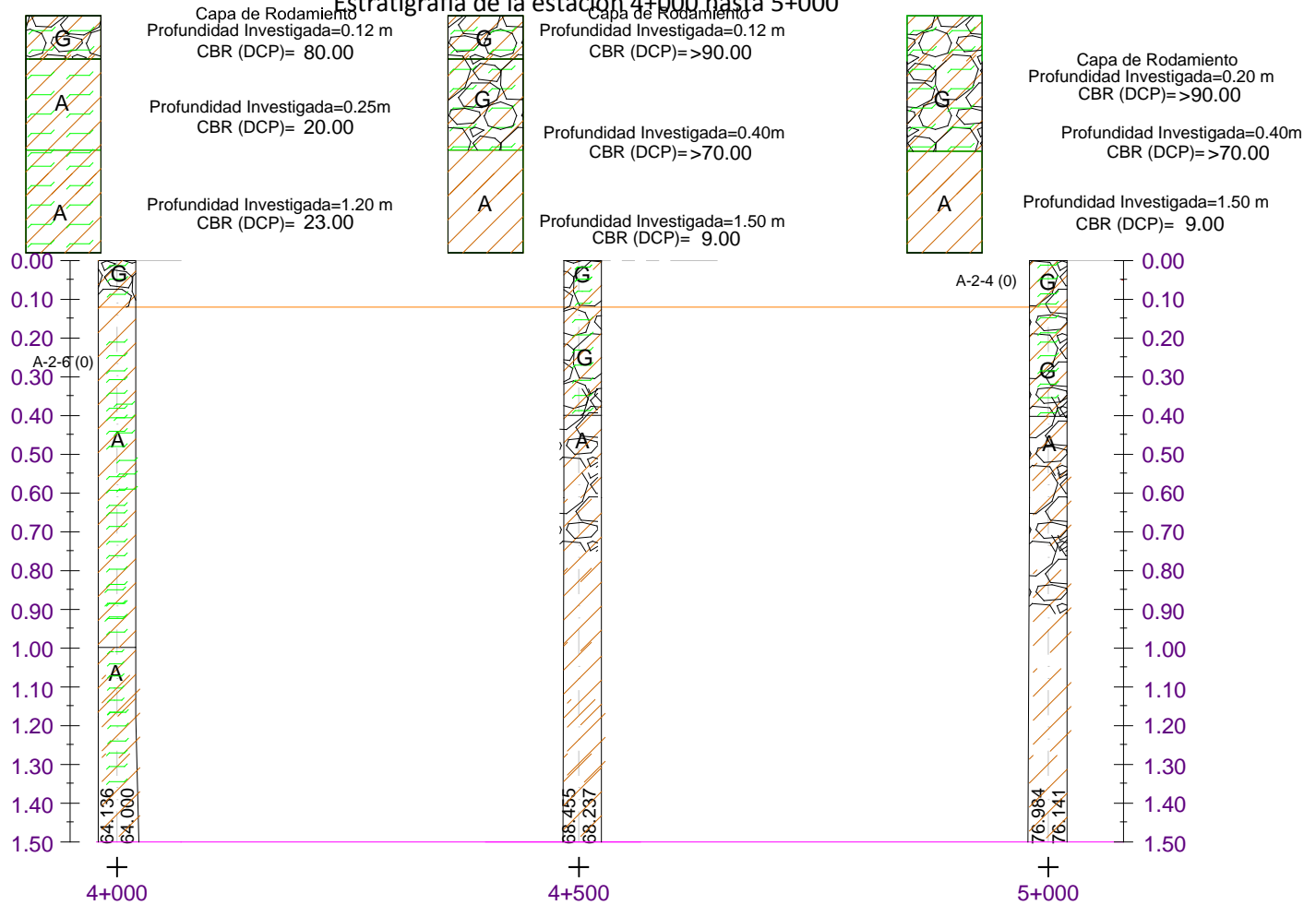


Grafico B.3.3

Estratigrafía de la estación 4+000 hasta 5+000



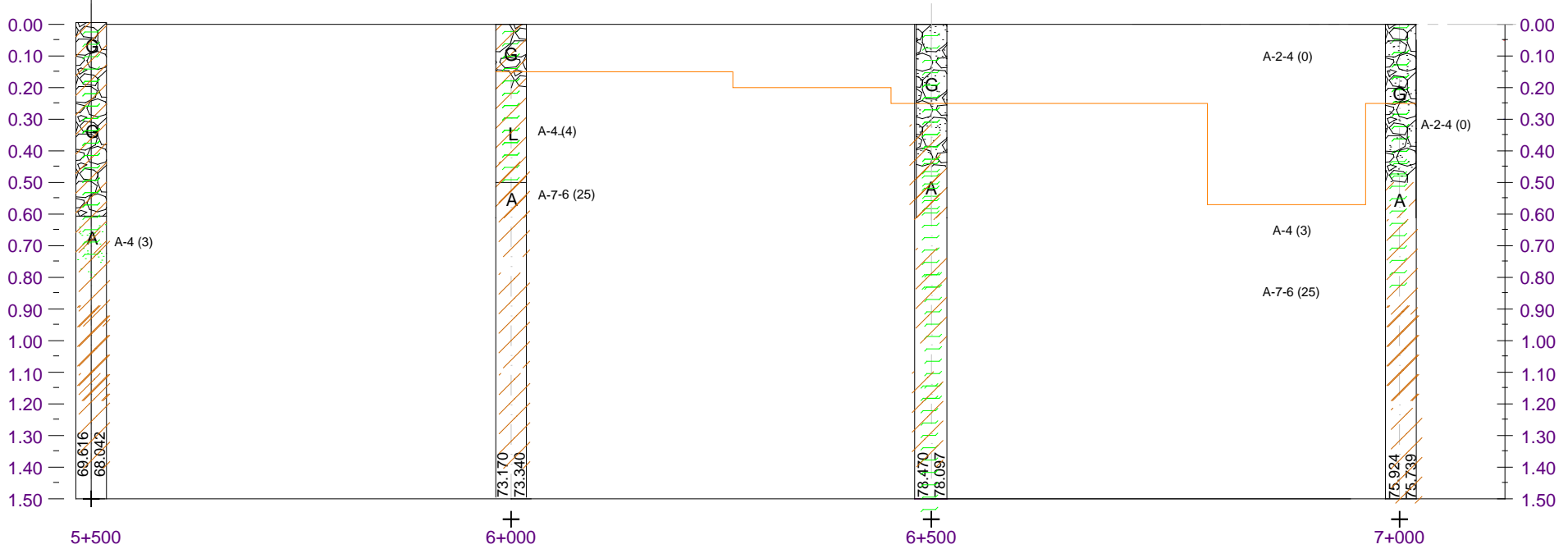
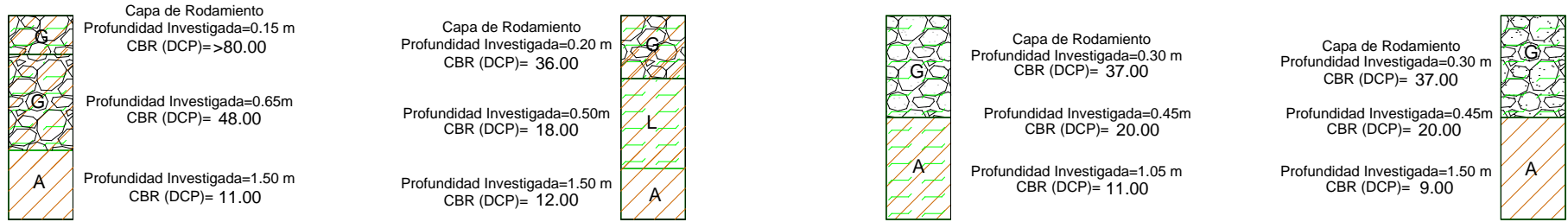
Carretera: Somotillo - Sn. Tomas del Norte

LEYENDA

- Arena
Ar=Predomina Arena
- Limo
L=Predomina Limo
- Arcilla
A= Predomina Arcilla
- Grava
G= Predomina Grava

Estratigrafía de la estación 5+500 hasta 7+000

Grafica B.3.4

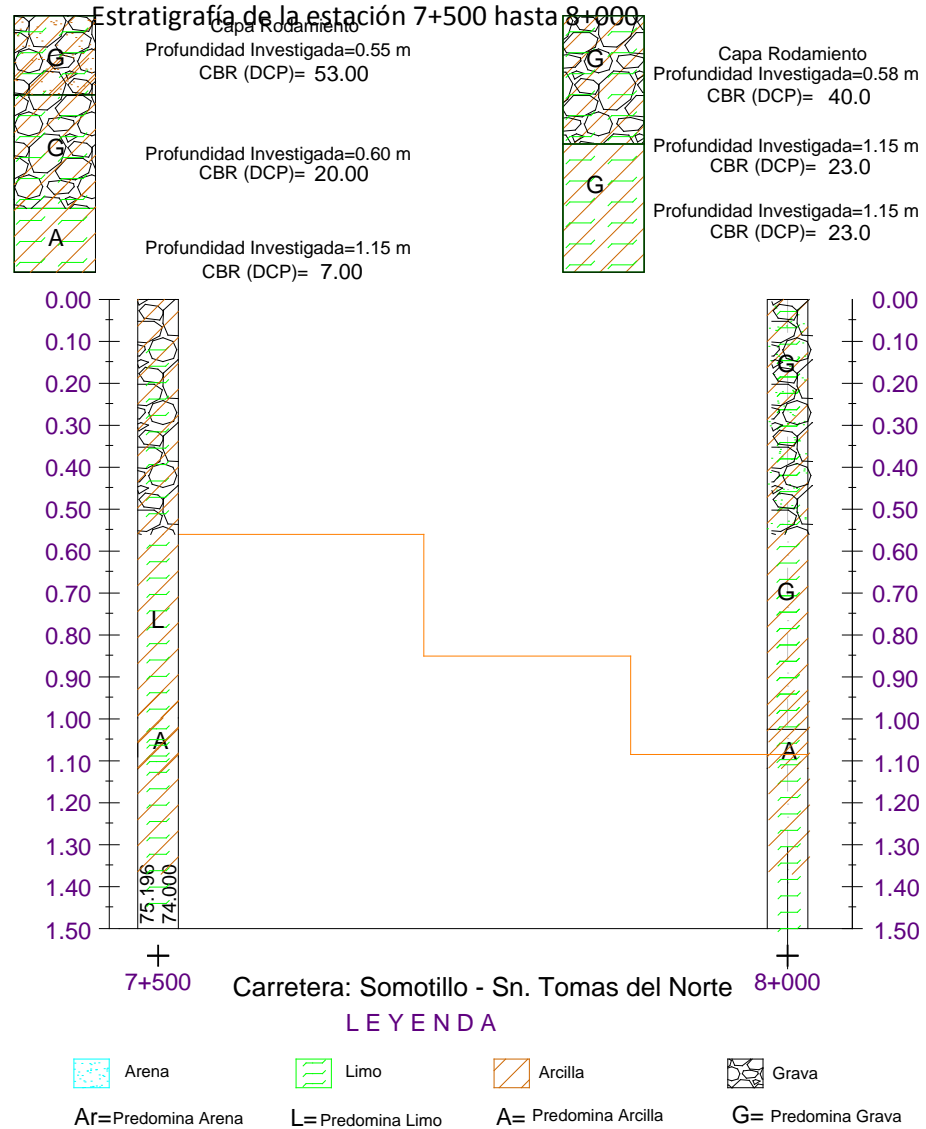


Carretera S-1. Somotillo - Sn. Tomas del Norte

LEYENDA

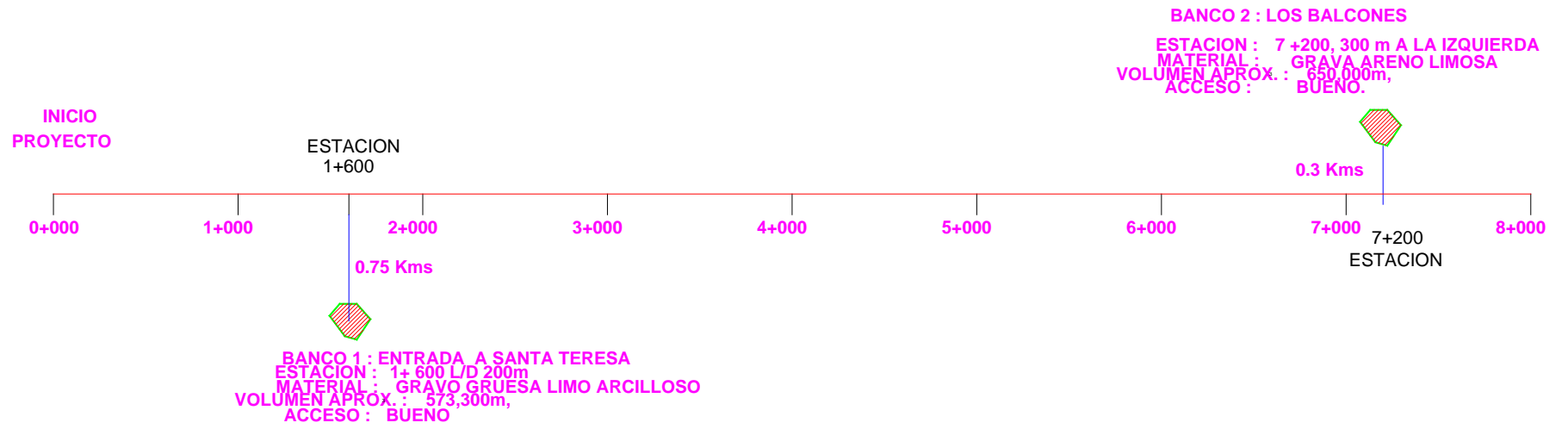


Grafica B.3.5



Grafica B.3.6.-

Ubicación de Bancos de Material



NOMBRE DEL TRAMO: _____ Somotillo-Sant SECCIÓN: _____

LONGITUD: _ Anexo

P K	Profundidad en m	Clasificación del Suelo	Limite Liquido	Indice de Plasticidad	Humedad Natural	Estado del Tiempo al momento de Toma de Muestra	Observacion	C.B.R.
0+000 L.C..	0.00-0.25	A-2-4	26	7	3.5	Soleado	Grava areno limosa, color café claro	60
	0.25-0.95	A-2-5	30	9	7.8		Grava areno limosa, color café claro	25
	0.95-1.25	A-2-7	33	13	9.0		Arena limosa Gravosa, color café claro	15
0+500 Der.	0.00-0.30	A-2-4	27	8	4.1	Soleado	Grava areno limosa, color gris claro	50
	0.35-0.45	A-2-6	30	14	8.0		Limo arenoso, color café claro	23
	0.45-1.50	A-2-7	43	15			Arcillo limosa, color café oscuro	8
1+000 Izq.	0.00-0.30	A-2-4	26	8	4.6	Soleado	Grava areno limosa, color café	40
	0.35-0.45	A-2-6	29	9	6.0		Limo arenoso, color café claro	30
	0.45-1.50	A-2-7	36	14	8.1		Arcilla limosa, color marrón	8
1+500 Der.	0.00-0.25	A-2-4	26	7	4.8	Soleado	Grava limo arenoso, color gris	40
	0.25-0.35	A-4	38	9	11.7		Limo arenoso, color café	25
	0.35-1.50	A-2-6	31	14	12.5		Grava arcillo limosa, color gris	9
2+000 Lc.	0.00-0.45	A-2-4	27	7	3.9	Soleado	Grava areno Limoso, color gris	80
	0.45-1.50	A-4	32	6	10		Limo areno gravoso, color gris	30
2+500 Izq.	0.00-0.25	A-2-4	26	7	3.6	Soleado	Grava areno Limoso, color café claro	90
	0.25-1.50	A-5	41	22	10.7		Arcilla limosa, color café	20
3+000 Der.	0.00-0.22	A-2-4	26	7	4.3	Soleado	Grava limo arenoso, color café	54
	0.22-0.52	A-2-6	30	13	10.7		Arcilla limosa, color café	25
	0.52-1.50	A-2-7	42	15			Arcilla plástica, color café oscuro	14
3+500 Izq.	0.00-0.12	A-2-4	29	7	26.5	Soleado	Grava limo arcillosa, color café	70
	0.12-0.30	A-2-4	31	9			Grava arcillo limosa, color café	18
	0.30-1.50	A-5	46	7			Arcilla limosa, color café	10
4+000 Der.	0.0-0.12	A-2-4	35	10	7.8	Soleado	Grava limo arcilloso, color café	80
	0.12-0.25	A-2-5	37	10			Arcilla plasticidad con grava, color café	20
	0.25-1.20	A-2-7	41	13			Arcilla limosa gravosa, color gris	23

CONTROL DE ENSAYOS DE LABORATORIO

NOMBRE DEL TRAMO: _____ Somotillo-Sant SECCIÓN: _____

LONGITUD: _ 8 KMS

P K	Profundidad en m	Clasificación del Suelo	Limite Liquido	Indice de Plasticidad	Humedad Natural	Estado del Tiempo al momento de Toma de Muestra	Observacion	C.B.R.	
4+500 lzq.	0.00-0.12	A-1-a	30	7	23.9	Soleado	Grava limo arcilloso, color café	90	
	0.12-0.40	A-1-b		5			Grava arcillo limosa, color café	70	
	0.40-1.50	A-7-6	40	15			Arcilla plástica, color café oscuro	9	
5+000 Der.	0.00-0.20	A-1-a	27	8	2.8	Soleado	Grava limo arcilloso, color café	90	
	0.20-0.40	A-1-b	42	9			2.4	Grava limo arcilloso, color café	70
	0.40-1.50	A-7-6	43	16			14.3	Arcilla de alta plasticidad, color café oscuro	9
5+500 lzq.	0.00-0.15	A-1-a	29	6	23.5	Soleado	Grava limo arcilloso, color café	80	
	0.15-0.88	A-2-4	26	5			Grava limo arcilloso, color café	48	
	0.88-1.50	A-7-5	48	13			Arcillo limosa, color café	11	
6+000 Der.	0.00-0.20	A-2-4	37	9	25.8	Soleado	Grava limo arcilloso, color café	36	
	0.20-0.50	A-2-4	31	7			Limo arcillosa, color café claro	18	
	0.50-1.50	A-7-5	60	15			Arcilla plástica, color café	12	
6+500 lzq.	0.00-0.30	A-2-4	28		8	Soleado	Grava limo arenosa, color gris	37	
	0.30-0.45	A-2-5					Grava limo arenosa café	20	
	0.45-1.05	A-7-6	48	20			Arcilla limosa, color café	11	
7+000 Der.	0.00-0.30	A-2-4	37	9	29.6	Soleado	Grava limo arenosa, color gris	37	
	0.30-0.45	A-2-5					Grava limo arenosa café	20	
	0.45-1.50	A-2-6	39	12			Arcilla plástica, color negra	9	
7+500 Der.	0.00-0.55	A-2-4	32	7	33	Soleado	Grava limo arcilloso, color gris	53	
	0.55-1.00	A-2-4	34	10			Limo arcilloso, color café	20	
	1.00-1.50	A-7-5	42	11			Arcilla limosa, color café	7	
8+000 L.C.	0.00-0.58	A-2-7	42	12	31	Soleado	Grava limo arenoso, color gris	40	
	0.58-1.15	A-2-7	57	13			Grava Limo arcilloso, color gris claro	23	
	1.15-1.50	A-4	34	7			Arcilla limosa, color café	23	

Tabla B.3.4

Banco Entrada a Santa Teresa

°	Ensaye	Muestra No.1	Muestra No.2	Muestra No.3	Muestra No.4	Muestra No.5
01	Tamices	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)
	3"	90	90	90	100	90
	2"	84	84	84	78	84
	1 ½"	69	69	69	66	69
	1"	60	60	60	51	60
	¾"	51	51	51	44	51
	3/8"	31	31	31	33	31
	No.4	20	20	20	25	20
	No.10	13	13	13	19	13
	No.40	6	6	6	10	6
	No.200	2	2	2	2	2
	Límite Líquido (%)	28	28	28	29	28
	Índice Plástico (%)	4	4	4	7	4
03	Clasificación ASTM D-3282	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-2-4	A-1-a
04	Peso Volumétrico Seco Máximo (kg/m³)	2013	2013	2013	1967	2013
05	Humedad Óptima (%)	10.7	10.7	10.7	10.8	10.7
	Hinchamiento					
	90%	--	--	--	--	--
	95%	--	--	--	--	--
	100%	--	--	--	--	--
06	CBR (Próctor Modificado)					
	90%	62			44	
	95%	98			74	
	100%	154			105	



Foto No. 5.1: Banco de material "Entrada a Santa Teresa"

Tabla B.3.5 Banco Los Balcones

No.	Ensaye	Muestra No.1	Muestra No.2	Muestra No.3	Muestra No.4	Muestra No.5
01	Tamices	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)
	3"	95	100	100	100	100
	2"	92	95	94	73	88
	1 ½"	87	90	87	60	80
	1"	77	82	78	54	75
	¾"	70	77	70	50	69
	3/8"	49	44	50	37	56
	No.4	31	29	31	26	39
	No.10	23	19	22	17	29
	No.40	14	11	12	11	19
	No.200	10	7	8	8	15
02	Límites de Atterberg					
	Límite Líquido (%)	35	28	25	28	33
	Índice Plástico (%)	10	10	5	7	7

No.	Ensaye	Muestra No.1	Muestra No.2	Muestra No.3	Muestra No.4	Muestra No.5
01	Tamices	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)	Granulometría (% en peso que pasa las mallas)
03	Clasificación ASTM D-3282	A-2-4	A-2-4	A-1-a	A-2-a	A-2-4
04	Peso Volumétrico Seco Máximo (kg/m ³)	2047	2047	2042	2047	2047
05	Humedad Óptima (%)	9.5	9.5	9.4	9.5	9.5
	Hinchamiento					
	90%	0.26	--	--	--	--
	95%	0.20	--	--	--	--
	100%	0.20	--	--	--	--
06	CBR (Próctor Modificado)					
	90%	50	--	82	--	--
	95%	58	--	102	--	--
	100%	66	--	122	--	--



Foto No. 5.2: Banco de material “Los Balcones”.

C) ESTUDIO DE PAVIMENTO

Tabla C.4.1

Fuente: Guía Diseño De estructuras De pavimentos AASHTO-93

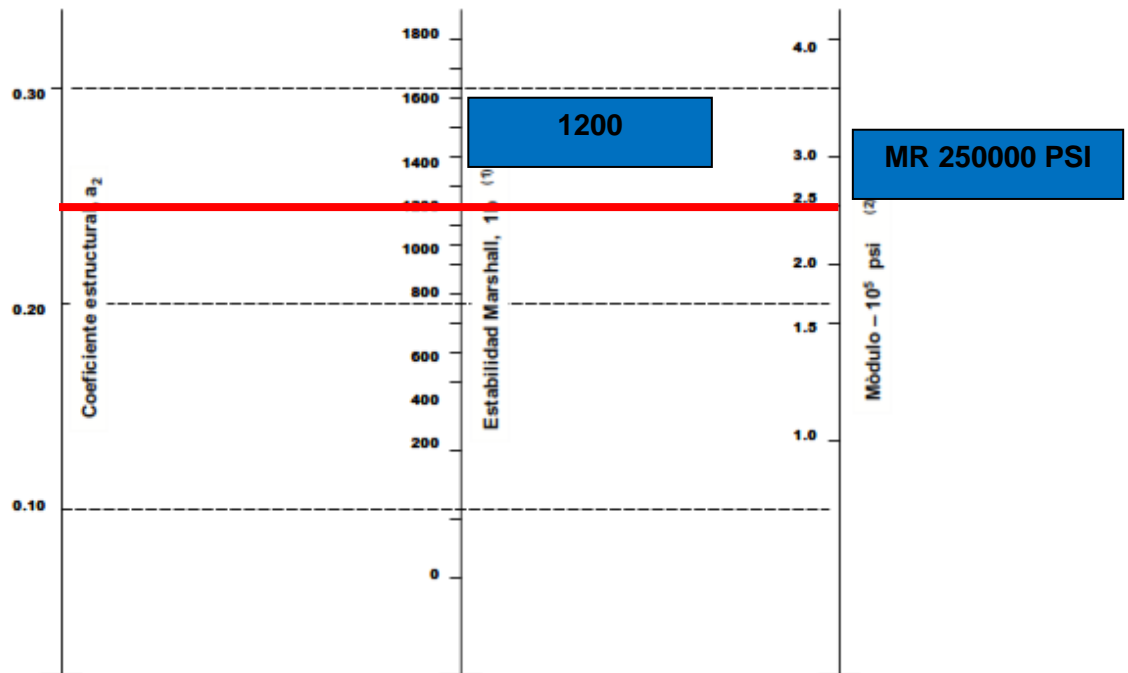
Estabilidad Marshall - CBR	
Nº eje (8.2 ton) carril de diseño	Estabilidad Marshall (Lbs)
< 10 ⁴	800
10⁴ – 10⁶	1200
> 10 ⁶	1800

Fuente: Principios de Construcción de Pavimento de mezcla Asfáltica en Caliente

Grafico C.4.1

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Modulo Elástico Del Asfalto



- (1) La escala deriva por correlación obtenida de Illinois
- (2) La escala derivó en el proyecto NCHRP (3)

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1,993

Coefficiente de Capa De la Carpeta Asfáltica

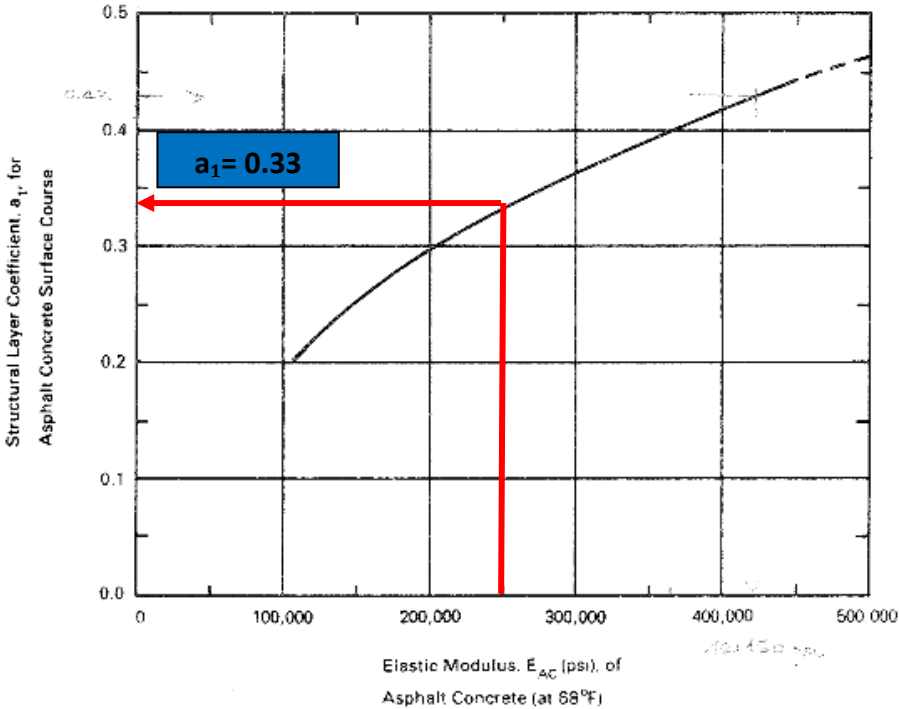


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)

Grafico C.4.3

Coefficiente de Capa de la Base

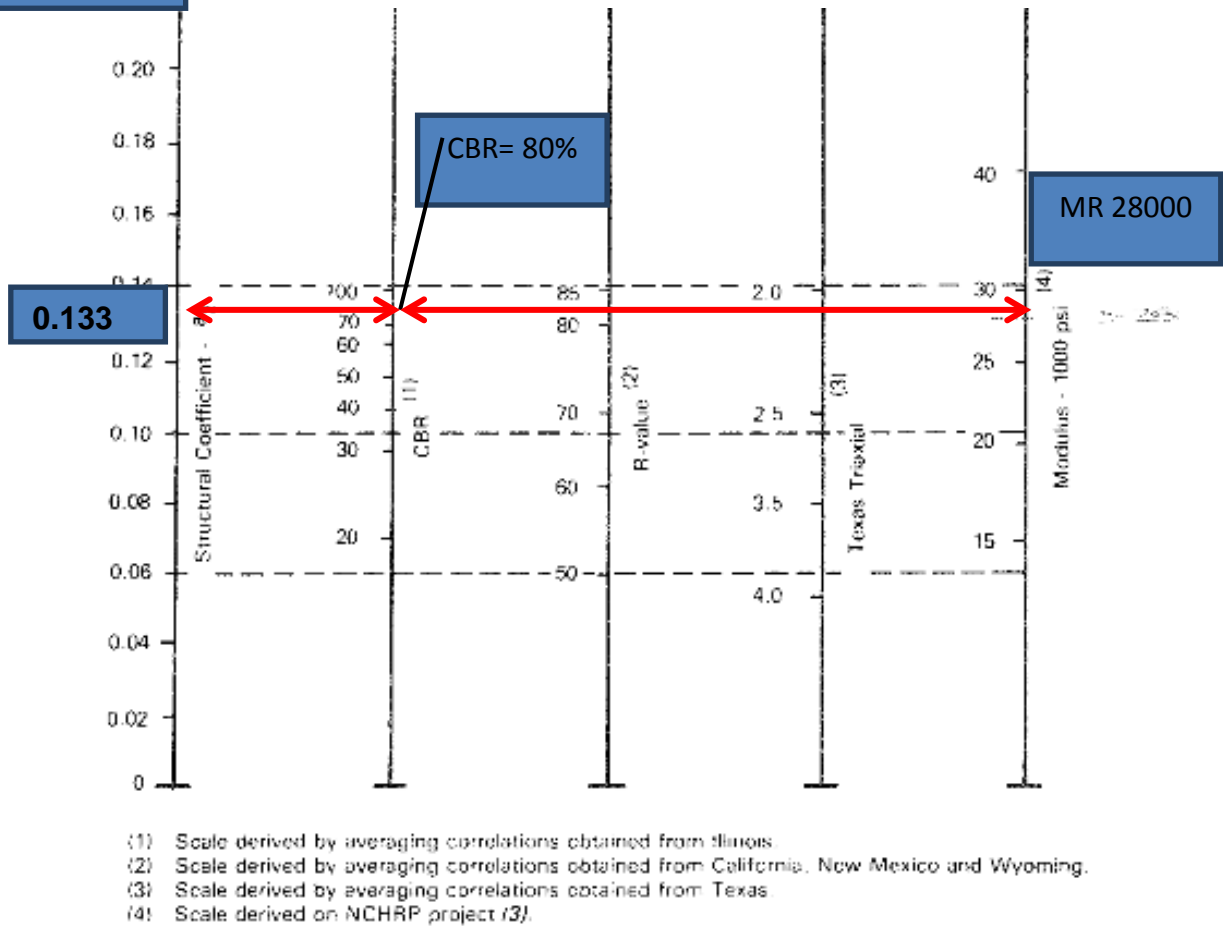


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Fuente: Guía Diseño De estructuras De pavimentos AASHTO-93

Figura C.4.1

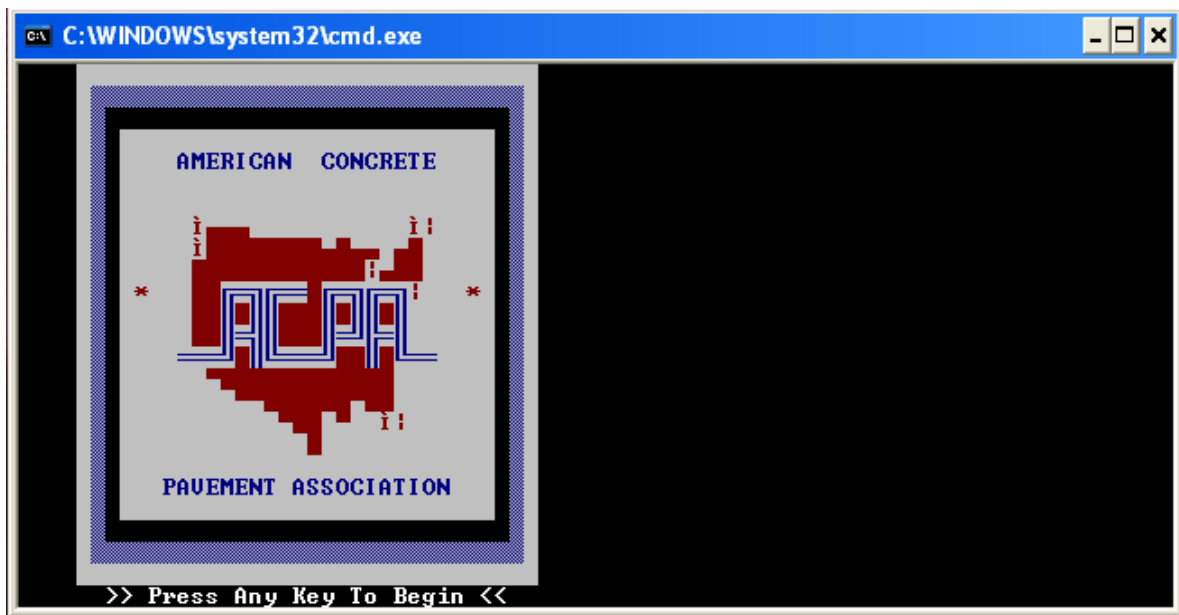


Figura C.4.2..

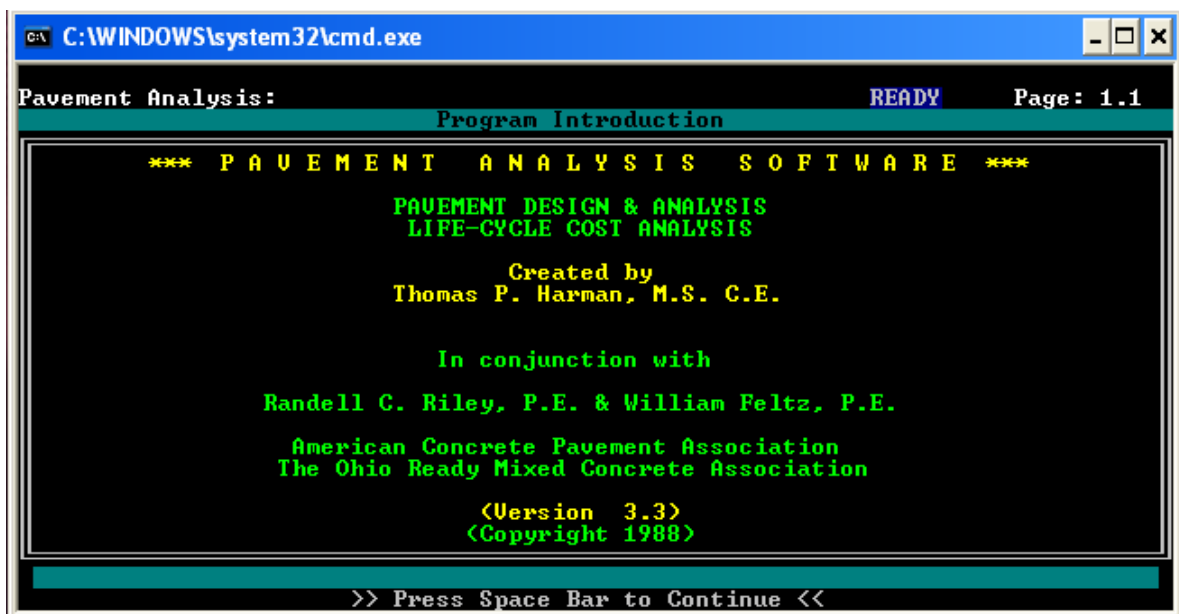


Figura C.4.3.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: READY Page: 6
AASHTO '86 Design Equations

**** Flexible Pavement Analysis ****

[1] Design E 18's          274,444
[2] Reliability            85.00
[3] Overall Deviation      0.45

[4] Soil Resilient Mod.   15,863.0
[5] Initial Serviceability 4.20
[6] Terminal Serviceability 2.00

Flexible Structural Number 1.99

Press Enter to Continue or <↑↓←> to Edit your Inputs

Special Keys:  F1: HELP  F2: EXIT  F5: MENU  <PgUp>  <PgDn>  <↑↓←>
  
```

Figura C.4.4.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: READY Page: 7
Flexible Thickness Determination

Layer Number   Layer Coefficient   Drainage Coefficient   Layer Thickness   a(i)*Cd*t   Thickness Needed
=====
Upper          0.33                1.00                   2.55              0.84
2              0.13                1.00                   9.00              1.17
3
4
5
6

=====
SN Required = 1.99  (Ok)

Press [F10] to Clear an Input & <PgDn> to Continue when finished.

Special Keys:  F1: HELP  F2: EXIT  F5: MENU  <PgUp>  <PgDn>  <↑↓←>
  
```



Foto de la carretera en diseño

