



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

CURSO DE TITULACION:

DISEÑO DE OBRAS VIALES

TESINA

DISEÑO DE 811.0 ML DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE
ALTOS DE SANTO DOMINGO – COMARCA LA HOYADA,
MUNICIPIO DE MANAGUA.

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Br. Jairo Ulises Gutiérrez Meza

Br. Iván Enrique Martínez Olivar

TUTOR:

Ing. Israel Morales.

Managua, Nicaragua. 11 / 10 / 08

Managua, 06 de Octubre de 2008

Dr. Oscar Gutiérrez Somarriba.

Decano de la Facultad

Tecnología de la Construcción

Estimado Doctor Gutiérrez:

Por este medio hago de su conocimiento que he concluido la tutoría de la tesina

“Diseño de 811.0 ml de estructura de pavimento flexible en el tramo de carretera: Altos de Santo Domingo – Comarca La Hoyada, Municipio de

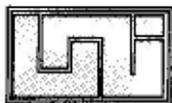
Managua.”, elaborada por los bachilleres: **Jairo Ulises Gutiérrez Meza e**

Iván Enrrique Martínez Olivar.

Considero que el trabajo reúne los requisitos establecidos para su debida defensa.

Atentamente

Ing. Israel Morales Urbina



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.0705
Managua, Septiembre 18 del 2008.

Bachilleres

JAIRO ULISES GUTIERREZ MEZA
IVAN ENRIQUE MARTINEZ OLIVAR
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el **PROTOCOLO** de su Tesina del curso de Titulación de **OBRAS VIALES** titulado "**DISEÑO DE 811.0 ML DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE ALTOS DE SANTO DOMINGO- COMARCA LA HOYADA MUNICIPIO DE MANAGUA**". Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Así mismo les comunico estar totalmente de acuerdo que el tutor de su Tesina sea el Ing. **ISRAEL MORALES**.

La fecha para que presenten concluido su trabajo de tesina debidamente revisado por su tutor guía será el 24 de Noviembre del 2008.

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

Atentamente,

DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOLÍS

Decano



CC: Protocolo
Tutor



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
COORDINACIÓN DE NORMATIVAS DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS**

HOJA DE CONCLUSIÓN DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) Jairo Ulises Gutiérrez Meza 2) Iván Enrrique Martínez Olivar
NOMBRE DEL CURSO: Curso de Titulación de Obras Viales.
NOMBRE DE LA TESINA: DISEÑO DE 811.0 ML DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE ALTOS DE SANTO DOMINGO – COMARCA LA HOYADA, MUNICIPIO DE MANAGUA.
ESPECIFIQUE LAS AREAS QUE ABORDARON EN LA TESINA: 1) Estudio de suelos 2) Estudio de transito 3) Diseño de la estructura de pavimento flexible
FECHA DE DEFENSA: 30 De Octubre de 2008
VALORACIÓN DEL TUTOR SOBRE LA TESINA:
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA: 1) 2) 3)
FIRMA COORDINADOR: _____

FIRMA DEL TUTOR _____,

CC: Archivo

DEDICATORIA

*Con mucho cariño a mi esposa **Ivania Castillo Luna** por ser la persona que durante toda mi carrera siempre estuvo a mi lado motivándome con su espíritu optimista a no declinar en los momentos difíciles y brindándome su apoyo incondicional en todos los aspectos que se estuvieron a su alcance.*

Y por todo el amor, entrega, amistad, sacrificio y confianza que ha depositado en mí, lo que me ha impulsado cada día a seguir adelante y no dejarme vencer por las circunstancias.

Br. Iván Enrique Martínez Olívar

DEDICATORIA

*A las tres personas mas grandes en todo el universo, a **JEHOVA** mi Padre y Pastor, a **JESUS** mi Salvador y Maestro por Excelencia y al **ESPIRITU SANTO** mi Fiel Amigo.*

*Al merito, amor incondicional, dedicación y esfuerzo, a quien cuida de mi desde la niñez inculcándome los mas altos valores de la vida, a quien ha estado apoyándome moral y económicamente durante toda mi preparación académica, a quien merece honra, a mi Madre "**SANTOS MEZA GIMÉNEZ**".*

Br. Jairo Ulises Gutiérrez Meza

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro Dios Todo Poderoso por la protección y fortaleza que nos brindó para vencer todos los obstáculos que se nos presentaron a lo largo de nuestra carrera y permitimos llegar a culminar nuestros estudios.

A nuestros padres y demás familiares por habernos apoyado moral y económicamente desde el inicio de nuestra formación académica.

Al personal docente de la facultad por transmitirnos los conocimientos científicos y prácticos que nos permiten ingresar al campo profesional.

A nuestro tutor, Ingeniero Israel Morales, por su buena disposición en ayudarnos a elaborar nuestra Tesina.

A todos nuestros compañeros de clase, con quienes mantuvimos los cinco años de la carrera un alto grado de compañerismo y cooperación mutua, lo que ha contribuido indudablemente en el enriquecimiento de nuestra formación académica y profesional.

Br. Iván Enrique Martínez Olívar

Br. Jairo Ulises Gutiérrez Meza

INDICE

Resumen Ejecutivo

Introducción

CAPITULO I: GENERALIDADES

I.1 Antecedentes. ----- 1

I.2 Localización y ubicación del Proyecto -----2- 3

I.3 Justificación ----- 4

I.4 Objetivos ----- 5

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO

II.1 Clasificación del Tránsito ----- 6

II.2 Clasificación de los Vehículos ----- 7

II.3 Conteo Vehicular ----- 8 - 10

II.4 Tránsito Promedio Diario Anual ----- 10

II.5 Proyección del Tránsito ----- 10 - 13

II.6 Tránsito de Diseño ----- 14 - 16

CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELOS

III.1 Trabajos de Laboratorio ----- 17

III.2 Análisis de Resultados de Laboratorio -----18

III.2.1 Análisis de los Materiales del sitio -----18 - 19

III.2.2 Análisis de los Materiales de los bancos de Préstamo -----20

CAPITULO IV: DISEÑO DE ESPESORES

IV.1 Variables para el Diseño	21
IV.1.1 El Transito	21
IV.1.2 Cálculo de Ejes Estándares Equivalentes	21 - 22
IV.1.3 Confiabilidad	22 - 23
IV.1.4 Desviación Estándar	23
IV.1.5 Criterios de Comportamiento.....	24
IV.1.5.1 Serviciabilidad	24
IV.1.5 Características y comportamiento de las capas de pavimento.....	25 -26
IV.1.5.3 Modulo Resiliente de la Sub-Rasante	27
IV.1.5.4 Drenaje	27
IV. 2 Cálculo de Espesores	28 - 29

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 Conclusiones	30 - 31
V.2 Recomendaciones	32
V.3 Bibliografía	33

ANEXOS

TABLAS

CAPITULO III

Tabla III.2.1.1 Ensaye de los Materiales obtenidos en los Sondeos Manuales

Tabla III.2.1.2 Descripción estratigráfica

Tabla III.2.2 Ensaye de los Materiales de los Bancos de Préstamo y Mezclas

CAPITULO IV

Tabla IV.1.2.1 Carga Permisible por Tipo de Vehículo

Tabla IV.1.2.2 Factores Equiv. de Carga para Pav. Flexibles, ejes simples, Pt = 2

Tabla IV.1.2.3 Factores Equiv. de Carga para Pav. Flexibles, ejes tándem, Pt = 2

GRAFICOS

CAPITULO III

Grafico III.2.1.2 Estratigrafía de los 8 Sondeos Manuales

CAPITULO IV

Grafico IV.1.5.2.1 Nomograma para el Cálculo de a_1 en la Carpeta Asfáltica.

Grafico IV.1.5.2.2 Nomograma para el Cálculo de a_2 en la Base Granular.

Grafico IV.1.5.2.3 Nomograma para el Cálculo de a_3 en la Sub Base Granular

Grafico IV.2 Resultados del programa A.A.S.H.T.O 86, Paviment Design

Imágenes Fotos del estado actual del tramo de carretera

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio, comprende la información y los criterios necesarios para el diseño de la estructura de pavimento flexible aplicando el método A.A.S.H.T.O versión 1986. Se presentan algunos conceptos básicos, así como las especificaciones que se deben tomar para la elección de ciertas variables que son útiles para el diseño de una estructura que cumpla con los espesores mínimos recomendados por el método antes mencionado.

Este trabajo esta constituido por cinco capítulos, donde cada uno de los cuales aborda un tema específico.

El capítulo I: Este es el capítulo que aborda las generalidades del tema, tales como: Antecedentes, localización, ubicación del tramo, justificación y objetivos.

El capítulo II: En este se presenta el estudio de tránsito, en el cual se realizó el conteo vehicular para obtener el tránsito promedio diario semanal, realizado durante siete días consecutivos en horarios de 6:00 AM a 10:00 PM, donde se refleja la composición del tránsito y la proyección vehicular para un periodo de diseño de doce años, a través de una tasa de crecimiento estimada, tomando en cuenta todas las variables que la afectan.

El capítulo III: Es el estudio donde se analiza el comportamiento físico – mecánico de los suelos que soportarán las cargas inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación utilizando el método de la American Association of State Highway and Transportation Oficial (A.A.S.H.T.O).

Capítulo IV: Este comprende el diseño de la estructura de pavimento flexible, en el que será necesario el cálculo de los ejes equivalentes para el periodo de diseño; además se detalla el procedimiento para seleccionar los parámetros de diseño tales como: confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar y el CBR de diseño, el cual servirá como base para determinar el modulo de resiliencia y el valor de los coeficientes estructurales.

Posterior a esto se determinaron los espesores requeridos en la estructura de pavimento para lo cual se implemento el programa A.A.S.H.T.O´ 86 Paviment Design.

Capítulo V: Aquí se presentan las conclusiones a las que se llegó una vez terminado el diseño y las recomendaciones que se consideran necesarias para su ejecución

INTRODUCCION

Por lo general los países en vías de desarrollo como la mayoría de la región latinoamericana y aun mas los centroamericanos tienen un déficit de carreteras muy alto que incide negativamente en su crecimiento económico.

Según el inventario vial realizado por el MTI en el año 2003, Nicaragua tenía una red vial de 18,658 Km. lineales; de los cuales solamente 2,206 Km. (equivalente al 12% de la red existente), correspondían a caminos pavimentados y el resto (16452 km) a caminos con otro tipo de revestimiento. Cabe señalar que para la extensión territorial del país la cual es de 127,664 Km², la red vial total representa una relación de 0.15 Km./Km², la cual está muy por debajo de países como México, cuya relación es de 0.87 Km./Km² o Estados Unidos con 1.5 Km./Km²; según datos proporcionados por el ingeniero Israel Morales en el curso de titulación de obras viales.

Es importante señalar que la red vial pavimentada en el país corresponde casi en su totalidad a carreteras troncales y colectoras principales y muy pocas a caminos vecinales. Esto significa que la gran mayoría de pueblos y comarcas de Nicaragua tienen caminos de acceso en malas condiciones para el tránsito vehicular, dada la vulnerabilidad de la capa de rodamiento de los caminos no pavimentados ante los agentes climatológicos; lo cual encarece los costos del transporte hacia esos lugares por el alto deterioro de los vehículos y mayor consumo de combustibles.

Con el propósito de contribuir a la solución de la problemática antes expuesta aplicando los conocimientos adquiridos en la universidad, se llevaron a cabo en los meses de Julio y Agosto de 2008, estudios de tránsito, de suelos y el diseño de la estructura de pavimento flexible de un tramo de carretera de 811.0 ml. que comunica Los Altos de Santo Domingo con la comarca la Hoyada, Municipio de Managua, departamento de Managua. El cual se encuentra ubicado al sureste de la ciudad capital.

CAPITULO I: GENERALIDADES

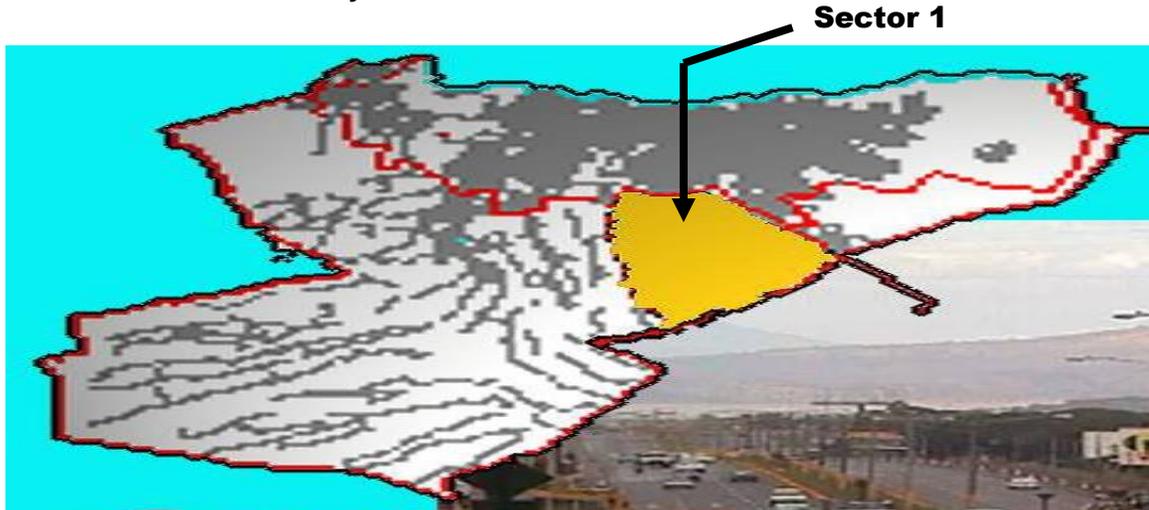
I.1 ANTECEDENTES

El Tramo de camino que comunica Los Altos de Santo Domingo con la comarca La Hoyada, según los pobladores de la zona fue construido por el estado de Nicaragua, a mediados de la década de los años ochenta como un camino de estación seca, con el propósito de crear acceso a las parcelas de la cooperativa agrícola Camilo Ortega.

Este tramo experimentó mejoras en el ancho de carriles durante los años noventa por parte de la inversión privada, ya que en esta década se desintegró la cooperativa antes mencionada y las parcelas fueron vendidas por separado a un solo dueño y desde entonces este se ha hecho cargo del mantenimiento del tramo.

A partir del año 2000, el uso del suelo en las comarcas aledañas a este tramo, así como en toda la cuenca Sureste de Managua, cambió de agrícola a residencial, debido a que se comenzaron a construir urbanizaciones dispersas por toda el área, atrayendo de esta forma mayor volumen de tránsito al tramo en estudio, lo cual demanda mejores condiciones en la vía. Sin embargo en la actualidad este tramo no cuenta con un diseño geométrico adecuado y la superficie de rodamiento es de suelo natural, la cual es erosionada fácilmente por la escorrentía superficial y el tránsito vehicular continuo, esto conlleva a inversiones constantes en mantenimiento durante todo el año. Este tramo de carretera comunica Los Altos de Santo Domingo con la comarca La Hoyada, Urbanizaciones Bosques de San Isidro, Los Balcones, Hotel Pueblo Viejo El Laurel y comarca San Antonio Sur; además está proyectada como la avenida principal de la Urbanización Alto Monte, la cual se encuentra en etapa de pre-construcción. Recientemente Inversiones Altomonte a través de CMW Consultores llevó a cabo el levantamiento topográfico, y los estudios siguientes: suelos, hidrológico e impacto ambiental para su respectivo diseño geométrico y de estructura de pavimento.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Parcial de la ciudad de Managua, elaborado por la Alcaldía, este tramo pertenece al **sector 1, conocido como Pista Jean Paúl Genie - Carretera a Masaya**



Este Sector tiene un área de 46, 891,290.08 m² (4,689.13 ha), además cuenta con una población de aproximadamente 82,800 habitantes y una densidad de 18 hab./ha. Está ubicado dentro de los siguientes límites:

Norte: Pista Jean Paúl Genie

Sur: Límite municipal

Este: Carretera a Masaya

Oeste: Camino a Jocote Dulce

Esta demarcación obedece a que en dicho Sector se han venido desarrollando una serie de urbanizaciones y construcciones de vivienda individual, las cuales están siendo ubicadas en zonas donde el actual Plan Regulador no lo permite y sin tomar en cuenta las normas y reglamentos urbanísticos para la ciudad de Managua.

Características Físicas - Naturales.

En general la topografía del Sector es bastante accidentada, con presencia de cauces; es una zona que de no tratarla de la manera adecuada podrían causarse graves problemas de erosión y de drenaje pluvial. Esto constituye una limitante para establecer vías de circulación alternas a las existentes.

I.3 JUSTIFICACION

El tramo de carretera **Altos de Santo Domingo – Comarca La Hoyada** actualmente es un camino cuya superficie de rodamiento es de terreno natural, la cual es muy vulnerable ante los agentes climatológicos que le provocan deterioros tales como: Erosión por escorrentía, baches, asentamientos, entre otros; sin embargo se clasifica como camino de todo tiempo debido a los constantes mantenimientos que este recibe durante la época lluviosa principalmente (cada dos meses según pobladores de la zona). Cabe señalar que debido a las características antes mencionadas, esta vía no ofrece un buen servicio a los usuarios ya que sus vehículos experimentan deterioros y mayor consumo de combustible, lo que se traduce en altos costos de transporte. Además los costos de mantenimiento de la vía son altos debido a la frecuencia con que se realizan.

El tránsito vehicular en este tramo (según pobladores de la zona) es constante durante todo el año y se estima que circula un promedio de 500 veh. /día, entre los cuales tenemos: motos, mototaxis, autos, jeep, camionetas cerradas, camionetas pick-up, camiones C₂, y C₃.

Basado en el dato anterior y en la recomendación dada por el banco mundial en la cual se dice que resulta económicamente viable la pavimentación de carreteras con un tránsito promedio diario mayor a los 50 veh./día, se determina que la pavimentación de este tramo es factible a nivel económico.

Por lo antes expuesto se ha determinado llevar a cabo el diseño de la estructura de pavimento flexible por el método A.S.S.H.T.O 86 para la vía en estudio.

Cabe mencionar que con el diseño de la estructura de pavimento para este tramo se pretende hacer un aporte a la solución de la problemática antes descrita en beneficio de los pobladores de las comarcas aledañas a este tramo.

I.4 OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar 811.0 ml de estructura de pavimento flexible en el tramo de carretera: ALTOS DE SANTO DOMINGO – COMARCA LA HOYADA, MUNICIPIO DE MANAGUA, aplicando el método de la ASSHTO 86.

ESPECIFICOS

Analizar el tránsito para determinar las cargas que actuarán en la estructura de pavimento.

Determinar la calidad físico – mecánico de los suelos existentes a lo largo de la vía y en los bancos adyacentes.

Determinar los espesores de las capas de pavimento.

CAPITULO II. ESTUDIO DE TRANSITO

Una de las consideraciones más importantes en el diseño de un pavimento es el estudio de tránsito vehicular, su adecuada ejecución es elemental para llevar a cabo un diseño que de respuesta a la demanda del tránsito vehicular en la vía.

Este estudio comprende los siguientes tópicos:

II.1 CLASIFICACION DEL TRANSITO:

El tránsito vehicular según el documento “**Descripción de los grupos de la clasificación HRB para el diseño de espesores de pavimentos flexibles**” facilitada por del Ing. Israel Morales, en el Curso de Titulación de Obras Viales impartido en la UNI – RUPAP, se clasifica en tres categorías:

Tránsito Liviano: Este se da cuando el tránsito promedio diario es inferior a 250 vehículos, con un máximo del 20% de camiones con carga igual a la máxima.

Tránsito Mediano: El tránsito promedio diario en esta categoría esta comprendido entre 250 y 750 vehículos con un máximo del 20% de camiones con carga por rueda igual a la máxima.

Tránsito Pesado: La cantidad de vehículos promedio diario en esta categoría supera los 750 o cuando el número de camiones con carga por rueda igual a la máxima es mayor de 250.

Las cargas máximas se clasifican en tres tipos:

Carga máxima de 4 toneladas: Para carreteras con remota posibilidad de circulación de vehículos pesados.

Carga máxima de 5 toneladas: Para carreteras con moderada circulación de vehículos pesados.

Carga máxima de 6 toneladas: Para carreteras en regiones altamente industrializadas.

II.2 CLASIFICACION DE LOS VEHICULOS.

Se clasificaron los tipos de vehículos que circulan por la vía de acuerdo a la estructura vehicular y tipo de eje sugerida por la A.A.S.H.T.O. en la Tabla II.2

TABLA II.2. ESTRUCTURA VEHICULAR Y TIPO DE EJE SUGERIDA POR LA A.A.S.H.T.O:

Tipo de Vehículo	Clase	Ejes		
		Partes	Cargas(miles Lbs)	Tipo
I	Caponeras	F	0.5	Simple
		R	1.0	Simple
II	Bicicletas	F	0.1	Simple
		R	0.1	Simple
III	Automóvil Paneles Jeep	F	2.0	Simple
		R	2.0	Simple
IV	Pick-Ups	F	2.0	Simple
		R	5.0	Simple
V	Microbús	F	10.0	Simple
		R	10.0	Simple
VI	Buses	F	15.0	Simple
		R	15.0	Tamden
VII	Liviano/Carga	F	10.0	Simple
		R	10.0	Simple
VIII	Camión/C2	F	10.0	Simple
		R	24.0	Simple
IX	Camión/C3	F	12.0	Simple
		R	34.0	Tamden
X	Camión/>3 ejes	F	12.0	Simple
		M	34.0	Tamden
		R	34.0	Tamden

Fuente: Dirección General de Vialidad, Dirección del Administración Vial (MTI), Managua, Nicaragua

A su vez estos vehículos se agrupan de la siguiente manera:

Vehículos livianos: Son los vehículos automotores de cuatro ruedas, que incluyen los automóviles, camionetas, pick up, 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), los microbuses mayores de 15 pasajeros y buses de 40 o mas pasajeros.

Vehículos pesados de carga: Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores de trece toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes(C2) mayores o iguales de trece toneladas.

Caponeras: Corresponden a vehículos automotores livianos de pasajeros de tres ruedas, con mucha demandado por usuarios de la zona.

Otros: Son los vehículos automotores de dos ruedas, bicicletas, carretas tiradas por bueyes y carretones tirados por caballos.

Esta agrupación se hizo basada en la información facilitada por del Ing. Bernardo Calvo en el Curso de Titilación de Obras Viales impartido en la UNI – RUPAP.

II.3 CONTEO VEHICULAR.

El conteo vehicular del tramo en estudio se llevó a cabo de Lunes a Domingo en la semana del 07 al 14 de Julio de 2008, con la finalidad de conocer la cantidad y composición vehicular que circulan por la vía antes mencionada.

Este conteo fue llevado a cabo de 6:00 a.m. a 10:00 p.m., por un equipo de tres personas (distribuidos en horarios diferentes) ubicadas en un punto de control único, debido a que el tramo no tiene vías alternas que causen diferencias entre el transito de entrada y el de salida. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla II.3.1:

Tabla II.3.1 Conteo Diario de Transito Vehicular

Variación Diaria del Volumen de Tránsito (Ver/D/ambos sentidos)									
Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total	TPDS
Motos	105	79	86	108	73	75	54	580	83
Mototaxis	142	105	124	129	123	139	90	852	122
Automóvil	135	118	139	144	161	123	106	926	132
Jeep	51	48	49	55	76	59	55	393	56
Camioneta	114	103	122	120	121	125	169	874	125
Pick-up	201	181	201	205	166	183	93	1230	176
Microbús	31	25	32	29	26	36	21	200	29
Buses	0	0	1	1	1	1	2	6	1
C2 Liv.	46	42	38	58	49	53	8	294	42
C2	12	4	12	17	9	7	0	61	9
C3	1	2	0	2	1	0	0	6	1
Total	838	707	804	868	806	801	598	5422	775

Fuente: Elaboración Propia

El TPDS reflejado en la tabla anterior corresponde solamente a dieciséis horas del día (6:00 a.m. a 10:00 p.m.); por lo tanto para conocer el TPDS de 24 hrs., se tomará un factor de ajuste de 4% para las restantes 8 horas (de 10:00 p.m. a 6:00 a.m.), ya que los pobladores de la zona afirman que el transito en este horario es muy bajo.

En la Tabla II.3.2 se muestra el transito ajustado para 24 hrs, no se incluyen Motos y Mototaxis por que no son necesarios para efectos de diseño.

Tabla II.3.2 Composición Vehicular Semanal							
Tipo de vehículo	Norte – Sur	Sur – Norte	Ambos sentidos	Factor 24Hrs	Cantidad Ajustada	TPDS	% Por tipo de
							Vehículo
Autos	465	461	926	1.04	963	137	23%
Jeep	190	203	393	1.04	409	58	10%
Camionetas	449	425	874	1.04	909	130	22%
Pick – Up	617	613	1230	1.04	1279	183	31%
Microbús	106	94	200	1.04	208	30	5%
Buses	7	9	16	1.04	17	2	0%
C2 Liviano	156	138	294	1.04	306	44	7%
C2	29	32	61	1.04	63	9	2%
C3	4	2	6	1.04	6	1	0%
Totales	2023	1977	4000	1.04	4160	594	100%

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla anterior el tránsito promedio diario semanal es de 594 vehículos, por lo que se determinó que el flujo vehicular de esta vía pertenece a la categoría de tránsito mediano.

II.4 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Debido a que no se cuenta con ninguna información histórica relacionada al tránsito vehicular en este tramo, no es posible conocer el TPDA, por lo tanto la proyección del tránsito vehicular para el periodo de diseño, se hará en base al TPDS ajustado para 24 hrs, obtenido del conteo vehicular anterior.

II.5 Proyección del tránsito.

La acertada predicción del volumen del tránsito futuro, su composición y evolución que puede experimentar a lo largo del periodo de diseño, es de gran utilidad para obtener un diseño óptimo. El parámetro principal que debe considerarse es la tasa de crecimiento vehicular anual.

La tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo se obtiene normalmente en base al historial de registros estadísticos de los aforos vehiculares en los puntos de control y en los siguientes parámetros: Tasa de crecimiento del parque vehicular, Tasa de crecimiento económica del país, Tasa de crecimiento Poblacional, Plan de desarrollo municipal para la zona y uso del suelo en el sector donde se ubica la vía.

Sin embargo no se dispone de ningún registro estadístico de aforo vehicular para el tramo en estudio, por lo tanto la tasa de crecimiento vehicular se estimará en base a los demás parámetros.

II.5.1 Tasa de crecimiento Vehicular en el Municipio de Managua:

Según información estadística facilitada por la Dirección de Seguridad del Tránsito Nacional, del municipio de Managua, la tasa de crecimiento vehicular global de 2007 a 2008 es de **4.94%**.

II.5.2 Tasa de crecimiento económico del país:

Para el año 2008 el Banco Central de Nicaragua ha proyectado una tasa de crecimiento económico de 4.5 %, sin embargo la tasa de crecimiento promedio en los últimos 8 años para Nicaragua es de **3.3%**.

Fuente: <http://www.radiolaprimerisima.com/noticias/24079> y [http://www - USA La Prensa.com.ni](http://www-usa.laprensa.com.ni)

II.5.3 Tasa de crecimiento Poblacional en el Municipio de Managua:

Según el último censo realizado por El Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2005, la tasa de crecimiento poblacional en el Municipio de Managua era de **1.10 %**

Fuente: <http://www.inec.gob.ni>

II.5.4 Plan de Desarrollo Municipal:

Según el plan de desarrollo parcial de ordenamiento urbano vigente del departamento de Urbanismo de la Alcaldía de Managua, el sector donde se ubica el tramo de carretera en estudio está destinado para **Zona Rural de Protección de la Erosión Hídrica (PC-2)**: El uso habitacional es individual y condicionado con lote mínimo de 10,000 m² y se permite siempre y cuando exista una cubierta de vegetación que ayude al drenaje pluvial, dado que la zona se ubica a partir de la elevación 360 metros sobre el nivel medio del mar y se caracteriza por terrenos accidentados y de pendientes mayores del 30 %.

Uso del Suelo en la Zona:

El uso predominante es agropecuario y de protección (64.95 %). Sin embargo, los niveles de producción en el Sector son bajos (producción no intensiva), por lo que la mayor parte del tiempo una parte de estas zonas no son utilizadas para tales fines. En segundo lugar tenemos el uso habitacional (14.63 %), seguido del uso baldío (6.29 %). La tipología predominante es la del tipo de vivienda Residencial Aislada. Cabe señalar que presentan una densidad habitacional muy baja, la cual oscila de 2 a 6 hab. /Ha.

Las prohibiciones sobre las modificaciones al uso del suelo establecido en los planes parciales fueron publicadas en el **Diario Oficial La Gaceta, el día lunes 3 de abril de 2006**, el cual en su capítulo III, artículo 12 establece que Los usos del suelo permitidos y/o condicionados en los Planes Parciales de Ordenamiento Urbano para el área del municipio de Managua no podrán ser modificados.

Las modificaciones se refieren a la inclusión de desarrollos urbanos y/o construcciones que contravengan las disposiciones de zonificación y uso del suelo establecidos para cada zona.

Es importante aclarar que algunas urbanizaciones dispersas, que ya tenían los permisos de construcción antes de la publicación de las prohibiciones en la Gaceta, no serán afectadas por dicha resolución.

II.5.5 Estimación de la tasa de crecimiento vehicular de la zona en estudio.

Tomando en cuenta las tasas de crecimiento vehicular, crecimiento económico y poblacional, presentadas anteriormente y el plan de desarrollo municipal para la zona donde se ubica el tramo de carretera, se estima que las perspectivas de crecimiento del tránsito vehicular en dicho tramo son bajas, por lo tanto **se usará una tasa de crecimiento del 2 % para la proyección del tránsito de diseño.**

La proyección vehicular se hizo basada en el tránsito de la vía en estudio correspondiente al mes de Julio del año 2008, el cual se proyectó al 2009, año de puesta en servicio del proyecto, para su posterior proyección al final del periodo de diseño.

Aplicando la siguiente fórmula se puede obtener el tránsito para el primer año de puesta en servicio del proyecto (2009).

$$T_n = T_o * (1 + i)^n$$

Donde: **Tn**: Cantidad de vehículos para el año estimado (2009).

To: Tránsito en el año cero (inicial 2008).

i: Tasa de incremento anual del parque vehicular (2%).

n: Cantidad de años (1).

Tabla II.5 Proyección del tránsito de 2008 a 2009			
Tipo de vehículo	To 2008	Factor	Tn 2009
		(1 + i)ⁿ	
Autos	137	1.02	140
Jeep	58	1.02	59
Camionetas	130	1.02	132
Pick – Up	183	1.02	187
Microbús	30	1.02	31
Buses	2	1.02	2
C2 Liviano	44	1.02	45
C2	9	1.02	9
C3	1	1.02	1
Totales	594	1.02	606

Fuente: Elaboración Propia

$$T_n = 594 * (1 + 0.02)^1 = 606$$

El resultado de la tabla anterior muestra que el tránsito promedio diario semanal en el primer año de servicio de la vía será de 606 vehículos.

II.6 Tránsito de diseño:

El periodo de diseño es el número de años para el cual se diseñará la estructura de pavimento, generalmente varía entre diez y veinte años.

Se considerará para este tramo un periodo de diseño (**n**) de **12** años.

El tránsito acumulado de vehículos que circulará en todo el periodo del diseño de esta vía, se obtiene mediante el uso de la siguiente formula:

$$TD = To' * Fc * Fd * Fc'$$

Donde:

TD: Tránsito de diseño

To': Tránsito inicial

Fc : Factor de crecimiento

Fd : Factor direccional

Fc': Factor Carril.

II.6.1. Factor de Crecimiento.

Factor que depende del número de años al que se proyectará el tránsito, y la tasa del incremento anual vehicular, además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

A como se indicó anteriormente la tasa de crecimiento (*i*) que se usará es del 2% para un periodo de diseño (*n*) de 12 años.

$$Fc = 365 * \frac{[(1+i)^n - 1]}{i}; \quad Fc = 365 * \frac{[(1+0.02)^{12} - 1]}{0.02} = 4,895.4$$

II.6.2. Factor Direccional.

El factor direccional está determinado por el sentido del flujo vehicular, en ambas direcciones dando así un valor de 0.5, y de 1 si estas poseen un solo sentido. Para la vía en estudio asignamos el valor de 0.5, considerando este valor la condición ideal para vías de 2 carriles con sentido de circulación opuesto. Ver tabla III.6.2

Tabla II.6.2 Factor de Distribución por Dirección	
No de Carriles en ambas Direcciones	FD (%)
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: Manual Centro Americano para Diseño de Paviment

II.6.3. Factor de carril.

Cuando las vías poseen múltiples carriles en un mismo sentido direccional, los vehículos tienden a intercambiar carril. Mostrando así el factor de permanencia en cada carril, en nuestro caso la vía en estudio posee un solo carril para un mismo sentido direccional, por lo que le asignamos el valor de 1 (ver tabla III.6.3)

Tabla II.6.3 Factor de Distribución por Carril	
No de Carriles en una sola Dirección	FC ‘
1	1
2	0,8-1,0
3	0,6-0,8
4	0,5-0,75

Fuente: Manual Centro Americano para Diseño de Pavimento.

Especificados los valores anteriores se puede determinar el tránsito de diseño para el periodo de 12 años, el cual se muestra en la tabla II.6

Tabla II.6 Estimación de Tránsito de Diseño					
Tipo de Vehículo	To 2009	Fc	Fd	Fc´	Td 2021
Autos	140	4895.4	0.50	1.00	342,678
Jeep	59	4895.4	0.50	1.00	144,414
Camionetas	132	4895.4	0.50	1.00	323,096
Pick – Up	187	4895.4	0.50	1.00	457,720
Microbús	31	4895.4	0.50	1.00	75,879
Buses	2	4895.4	0.50	1.00	4895
C2 Liviano	45	4895.4	0.50	1.00	110,146
C2	9	4895.4	0.50	1.00	22,029
C3	1	4895.4	0.50	1.00	2,448
Total	606				1,483,305

Fuente: Elaboración Propia

El valor 1, 483,305 es el tránsito proyectado que circulará por la vía, al final del periodo de diseño antes mencionado.

CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO

La información que sirvió de base para este estudio fue facilitada por el departamento de Urbanismo de la Alcaldía de Managua, la cual consiste en 17 muestras alteradas, tomadas de 8 sondeos manuales realizados por la firma CMW Consultores, S.A. en toda la longitud del tramo en estudio a una distancia entre ellos de aproximadamente 100 m y a una profundidad de 1.5 m. Cabe señalar que se obtuvieron de 1 a 3 muestras alteradas por sondeo, correspondiente a cada estrato de suelo encontrado, las que posteriormente se llevaron al laboratorio para determinar las características de estos a través de los ensayos que se describen en el desarrollo de este capítulo.

III.1 TRABAJOS DE LABORATORIO.

Los materiales extraídos durante el muestreo, fueron seleccionados de acuerdo a la naturaleza, profundidad y composición de sus partículas para luego ser ensayados según lo indica la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) en los siguientes ensayos:

TABLA III.1 Tipos de Ensayes Realizados

Ensaye	Designación AASHTO	Especificaciones A.S.T.M.
Granulometría de los suelos	T 27-88	D-422
Limites de Atterberg	T 89-90, T 90-97	D-4318
Pesos Unitarios	-----	D-698
Ensaye Proctor	T180-90	-----
Valor Soporte (C.B.R.)	T193-63	D-1883

Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron cinco determinaciones del Valor Relativo Soporte, tres a los materiales propios del sitio y dos a la mezcla de materiales de bancos que conformarán la estructura de pavimento. Las muestras para el ensaye de CBR se saturaron por un tiempo de cuatro días, antes de ejecutar el ensaye.

III.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO.

III.2.1 ANALISIS DE MATERIALES DEL SITIO.

Una vez obtenidos los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio de las 17 muestras tomadas en los 8 sondeos, se conoció que 10 pertenecen a suelos granulares y las 7 restantes a suelos finos, los cuales se detallan a continuación:

Suelos granulares: Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz No 200. Estos suelos Según el sistema de clasificación de la **AASHTO** pertenecen a los **grupos A1, A2 y A3**. Los tipos de suelos granulares encontrados en el tramo de carretera son los siguientes:

A-1b con índice de grupo cero: Cinco muestras forman parte de este subgrupo, el cual está conformado por arena gruesa bien graduada con o sin ligante.

A-2-5: Cinco muestras del total pertenecen a este subgrupo, el que presenta suelos gravosos y arenosos (arena gruesa) con un contenido de limo poco o nada plástico.

Suelos Finos: Según el sistema de clasificación de la **AASHTO**, un suelo se considera como fino cuando más del 35% del material pasa el tamiz No 200. Estos suelos constituyen los **grupos A-4, A-5, A-6 y A-7**. Los suelos finos encontrados en el tramo de carretera se detallan a continuación:

A- 4: Las dos muestras encontradas en el tramo, que pertenecen a este grupo son suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa por el tamiz N° 200. Además se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64 %.

A- 7- 5: Las muestras encontradas que pertenecen a este subgrupo son 5, estas incluyen aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. **Ver anexos Tabla III.2.1.1**

SECUENCIA ESTRATIGRAFICA.

La secuencia estratigráfica de los sondeos está comprendida desde el nivel de terreno natural hasta una profundidad constante de 1.5 m.

Según el diseño geométrico realizado por la firma CMW consultores, la proyección del nuevo trazado geométrico de la vía coincide únicamente con el trazado actual en un 25% aproximadamente, debido a que este último es muy sinuoso.

El nivel de la subrasante fue definido a 20 cm. debajo del nivel actual del terreno, en la mayor parte del tramo, (considerando este el espesor de descapote o capa vegetal) exceptuando las partes donde coinciden ambos trazados, cuyo nivel de subrasante será la superficie actual de la vía. La profundidad y características de los estratos encontrados en cada uno de los sondeos realizados se presentan en **anexos Tabla III.2.1.2 y Grafico. III.2.1.2**

De todos los materiales del sitio encontrados en los sondeos manuales descritos anteriormente se agruparon los más representativos para realizarles ensayos de: Peso Volumétrico Seco Máximo (Proctor Estándar), Límites de Atterberg, contenido óptimo de agua y Valor de Soporte en condición saturada, **ver tabla III.2.1.3**

Tabla III.2.1.3 Ensaye de Grupos Representativos de Suelos del Sitio.

Procedencia	Muestra No	Tipo de Suelo	% que pasa		Índice Plástico	Peso Vol. Seco Suelto Máx. (Kg/m ³)	Humedad Óptima (%)
			Nº4	Nº200			
Grupo 1	1	A-7-5(1)	82-86	38	11 -19	1,360	35
						CBR = 8% al 90% Proctor	
Grupo 2	2	A-7-5(6)	89-95	50 – 54	11 -19	1,250	45.5
						CBR = 6% al 90% Proctor	
Grupo 3	3	A-5(0)	84	37	7	1,360	41.1
						CBR = 8% al 90% Proctor	

Fuente: Firma CMW Consultores, S.A e-mail: cmwsa@turbonett.om.ni

III.2.2 ANALISIS DE MATERIALES DE BANCOS DE PRESTAMO.

Se realizó muestreo a dos fuentes de materiales, conocidos en la ciudad de Managua como: El banco de “Hormigón Rojo” ubicado en la pista Sub-urbana, a unos 800m del empalme con Carretera Sur, en Santana, y a 7 Km del tramo de carretera en estudio y el banco de material selecto “Ticuan-tepe” ubicado en el Km. 19 carretera Ticuan-tepe – La Concha, a unos 12 Km. del proyecto. En ambas fuentes se tomó una muestra del material existente en los acopios.

Se prevé el uso de estos materiales en la capa Base y sub-base de la estructura de pavimento proyectada, para las cuales se elaboraron mezclas en volumen, con una proporción 60:40 (Hormigón:Selecto Ticuan-tepe) para la Base y otra 50:50 (Hormigón : Selecto Ticuan-tepe) para la Sub-base, a las cuales se le realizaron los ensayos correspondientes para determinar su posible uso. **Ver Tabla III.2.2 en Anexos.**

CAPITULO IV: DISEÑO DEL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

La determinación de los espesores de las capas del pavimento, se llevó a cabo aplicando el Método A.A.S.H.T.O 86, para el cual se consultó el texto Ingeniería de pavimentos para carreteras de Alfonso Montejo (2ª Edición) y se hizo uso del programa A.A.S.H.T.O´86 Paviment Design, el cual fue creado por Thomas P. Horman, MSCE, en conjunto con Randell C, Riley, PE y William Feltz, PE. Para la Asociación Americana de Pavimento de Concreto.

Para la realización de este diseño se requiere del conocimiento de las variables que se detallan a continuación:

IV.1 Variables para el diseño:

IV.1.1 El tránsito.

Este método de diseño se basa en el numero de ejes equivalentes sencillos de 18,000 lbs (8.2 ton) acumulados durante el periodo de diseño.

IV.1.2 Cálculo de ejes estándares equivalentes de diseño (ESAL; Equivalent Standard Axial Load).

Para la determinación de los ejes equivalentes (de 18000 Lbs) que circularán por la vía en todo el periodo de diseño, se hará uso de las cargas por ejes de cada tipo de vehiculo sugeridas por la A.A.S.H.T.O (Ver Tabla II.1 en Capítulo II). A excepción de los vehículos de carga C2 y C3, cuyo peso por eje se registrá de acuerdo a las cargas máximas permitidas por el MTI (Ver Tabla IV.1.2.1 en anexos).

Para el calculo de ejes equivalentes (ESAL) existe un factor correspondiente para cada eje de los vehículos (Ver Anexos, Tablas IV.1.2.2 y IV.1.2.3), la cual a su vez sugiere utilizar el valor de $SN = 5$, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes.

En la siguiente tabla se calcula la cantidad de ejes equivalentes por cada tipo de vehículo para el periodo de diseño de 12 años, de cuya sumatoria se obtiene el ESAL de diseño.

Tabla IV.1.2.4 Calculo ESAL (W18)				
Tipo de Vehículo	Peso por Eje (lbs.)	Td	Factor ESAL	ESAL de Diseño
Automóvil	2,000	342,678	0.0002	69
	2,000		0.0002	69
Jeep	2,000	144,414	0.0002	29
	2,000		0.0002	29
Camionetas	2,000	323,096	0.0002	65
	2,000		0.0002	65
Pick-up	2,000	457,720	0.0002	92
	5,000		0.0060	2,746
Microbús <15	10,000	75,879	0.0790	5,994
	10,000		0.0790	5,994
Bus	15,000	4,895	0.4705	2,303
	15,000		0.4705	2,303
C - 2 Liviano	10,000	110,146	0.0790	8,702
	10,000		0.0790	8,702
C2	10,000	22,029	0.0790	1,740
	20,000		1.5700	34,586
Vehículo de 3 ejes C3	11,000	2,448	0.1260	308
	35000		1.2300	3,011
	Totales	1,483,305		76,807

Fuente:Elaboración Propia

Tal como se muestra en la tabla anterior el número de ejes equivalentes de diseño es de 76,807.

IV.1.3 Confiabilidad (R).

Es la probabilidad de que el diseño se comporte satisfactoriamente ante las condiciones ambientales y de tránsito a las que estará sometido durante su vida útil.

La siguiente tabla muestra los niveles de confianza sugeridos para diferentes carreteras:

Tabla IV.1.3 Niveles de Confiabilidad Sugeridos para diferentes Carreteras.		
Clasificación	Niveles de Confiabilidad Recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas Interestatales y otras	85-99,9	80-99,9
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectoras de Transito	80-95	75-95
Carreteras Locales	50-80	50-80

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo.

Dada la ubicación en la que se encuentra la vía, ésta se clasifica como Rural Local y se tomará para ella el máximo nivel de confiabilidad (80%).

IV.1.4 Desviación estándar (So).

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad (R); en este paso deberá seleccionarse un valor S_o “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Valores de S_o en los tramos de prueba de AASHTO no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos, fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de 0.35 y 0.45 para pavimento rígido y flexibles respectivamente.

Por lo detallado en el párrafo anterior se tomara un valor de 0.45 para este diseño.

IV.1.5 Criterios de comportamiento:

IV.1.5.1 Serviciabilidad (ΔPSI)

Es la pérdida de la calidad de servicio que tiene un tipo de pavimento para servir al usuario. Para esto se establece la siguiente fórmula para cambio total en el índice de servicio.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

P_o : Serviciabilidad inicial

P_t : Serviciabilidad final.

Para la evaluación de los valores anteriores se hace a través del índice de servicio presente PSI el cual varía de 0 (carretera imposible de transitar) hasta 5 (carretera perfecta).

Como es imposible obtener una carretera perfecta, la A.A.S.H.T.O sugiere un índice de servicio $P_o = 4.2$ para el valor inicial en pavimento asfáltico.

Igualmente la AASHTO sugiere un valor de $P_t = 2.5$ para las Autopistas y vías principales, y $P_t = 2.0$ para las demás carreteras como índice más bajo, antes de que sea necesario un refuerzo o rehabilitación.

Por lo tanto a la vía en estudio le corresponde un $P_o = 4.2$ y $P_t = 2.0$. De tal manera que:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

IV.1.5.2 Características y composición de las capas de la estructura de pavimento:

Carpeta Asfáltica: El coeficiente estructural se tomó basado en la Estabilidad Marshall, la cual depende del número de Ejes Equivalentes (ESAL de Diseño), como se describe en la **Tabla IV.1.5.2**

Tabla IV.1.5.2.1	
No. Ejes Equivalentes (ESAL DISEÑO)	Estabilidad Marshall (lbs)
< 10 ⁴	750
10⁴ – 10⁶	1200
>10 ⁶	1800

Fuente: Asphalt Institute. Serie de Manuales, No.22 (MS-22)

La Estabilidad Marshall de diseño será de 1200 lbs para un ESAL de 76,807 según la tabla anterior y por consiguiente el coeficiente estructural será de **$a_1 = 0.33$** (Ver Nomograma IV.1.5.2.1 en anexos)

Base: Estará formada por una mezcla de materiales 60:40 (Hormigón Rojo: Selecto Ticuantepe), su valor de soporte CBR es del 80% a una compactación del 100% proctor modificado, (ver anexos **Tabla III.2.2**), su módulo de Resiliencia es de 29,000 psi y su coeficiente estructural **$a_2 = 0.132$** (Ver Nomograma IV.1.5.2.2 en anexos).

Subbase: Está constituida por una mezcla en proporción 50:50 (Hormigón Rojo: Selecto Ticuantepe), su CBR de diseño es del 62% a una compactación del 95% proctor modificado (ver anexos **Tabla III.2.3**), su módulo de Resiliencia de 18,000 psi y el coeficiente estructural **$a_3 = 0.127$** (Ver Nomograma IV.1.5.2.3 en anexos).

Subrasante: Los perfiles estratigráficos de los ocho sondeos manuales realizados, reflejan que en cuatro sitios del tramo prevalecen suelos finos del tipo A-7, cuyo CBR (según los ensayos de grupos representativos de suelos del Sitio mostrado en la **Tabla III.2.1.3**) se encuentra en el rango de 5 a 8. Estos suelos son clasificados como malos para ser usados en la subrasante ver **Tabla IV.1.5.2.2**

Tabla IV.1.5.2.2 Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR.

CBR	Clasificación Cualitativa del Suelo	Uso
2 - 5	Muy Mala	Sub – rasante
5 - 8	Mala	Sub – rasante
8 - 20	Regular	Sub – rasante
20 - 30	Excelente	Sub – rasante
30 - 60	Buena	Sub – base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Assis A., 1988

http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cbr.pdf

Por lo tanto se recomienda que en estos cuatro sitios el material existente sea cortado hasta una profundidad de veinte centímetros por debajo de la subrasante proyectada y luego sustituido por un material de igual o mejor calidad que el proveniente del Banco Ticuantepe, el cual es del tipo A-1-b (0).

Una vez realizado el reemplazo del material anteriormente descrito, la subrasante de todo el tramo de carretera quedará compuesta por suelos del tipo A-1-b (0) y A-2-5 (0), para los cuales se asumirá conservadoramente un CBR del 20%, basado en los valores referenciales de CBR de la **Tabla IV.1.5.2.3**

Tabla IV.1.5.2.3 Rangos de CBR por tipo de Suelos

CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 - 20	Regular	Sub-base	OL,CL,ML,SC,SM,SP	A2,A4,A6,A7
20 - 50	Bueno	Base, Subbase	GM,GC,W,SM,SP,GP	A1b,A2-5,A3,A2-6
> 50	Excelente	Base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (SISMID), Laboratorio Geotécnico UNI – Perú. <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica7.htm>

IV.1.5.3 Módulo resiliente de la Sub-rasante (Mr).

El parámetro para la caracterización de los materiales de sub-rasante en este método, es el módulo resiliente o elástico. Este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición y por tal motivo se han establecidos correlaciones para determinarlo a partir de otros ensayos, tales como el CBR, encontrándose que:

Mr (PSI) = 1500 CBR (Para suelos finos con valores de CBR menores de 10). Y

Mr = 4321 * ln CBR + 241 (para suelos granulares.)

Como en este caso, los suelos de la subrasante son granulares, se usará la siguiente fórmula:

$$Mr = 4321 * \ln(20) + 241$$

$$Mr(psi) = 13,186$$

IV.1.5.4 Drenaje (mi).

Dado que el ensayo del CBR se hizo en condición saturado, es decir en la condición más crítica, se asumirá que más del 25% del tiempo el pavimento estará expuesto a niveles de humedad cercana a la saturación; para la cual se considera la calidad del drenaje como buena, con un valor de **m = 1**, de acuerdo a la IV.1.5.4

IV.1.5.4 Valores de “m” recomendados para modificar coeficientes de base y sub-base granulares.

Calidad del drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de Humedad cercana a la saturación.			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Excelente	1.40 - 1,35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.25
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejó

IV.2 Cálculo de Espesores.

Para calcular los espesores de las capas de Pavimento, se hizo uso del programa A.A.S.H.T.O'86 Paviment Design, el cual requiere de los siguientes datos de entrada:

Numero de ejes equivalentes =	76,807
Confiabilidad (%) =	80.00
Desviación Standard =	0.45
Serviciabilidad Inicial =	4.20
Serviciabilidad Final =	2.00
Módulo de Resiliencia Subrasante (MR) =	13,186.0
Coeficiente estructural carpeta asfáltica (a_1) =	0.33
Coeficiente estructural Base (a_2) =	0.132
Coeficiente estructural Subbase (a_3) =	0.127
Coeficiente de drenaje (m) =	1.00

Espesores Requeridos:

Una vez introducidos y procesados los datos, en el programa A.A.S.H.T.O'86 Paviment Design, se obtuvieron los espesores requeridos de cada una de las capas de la estructura de pavimento (**Ver Grafico IV.2 en anexos**), cuyos valores se muestran a continuación:

Carpeta Asfáltica: $D_1 = 2$ Pulgadas

Capa Base : $D_2 = 8$ Pulgadas

Espesor Total : $D_T = 10$ Pulgadas



El espesor mínimo sugerido para las capas de pavimento según el número de ejes equivalentes se muestra en la **Tabla IV.2:**

Tabla IV.2: Espesores Mínimos (pulg.)		
No de ejes Equivalentes (millones)	Concreto Asfáltico	Base Granular
< 0.05	1.0 o TSD	4
0.05 - 0.15	2.0	4
0.15 - 0.50	2.5	4
0.50 - 2.00	3.0	6
2.00 - 7.00	3.5	6
> 7.00	4.0	6

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejó

Para los 76,807 ejes equivalentes de diseño de la vía en estudio, el espesor mínimo según la tabla anterior para la carpeta asfáltica es de 2 pulgadas y para la base granular es 4 pulgadas.

De acuerdo a lo descritos en el párrafo anterior se concluye que los espesores de capas que se calcularon en el programa A.A.S.H.T.O'86 Paviment Design, cumplen con el espesor mínimo sugerido para este tipo de tránsito.

Dado que la construcción de la base granular en dos capas (Base y Subbase), implica mayor cantidad de horas máquinas y por consiguiente mayor costo en la obra, ya que se debe elaborar dos tipos de mezclas de materiales y luego tenderlas y compactarlas en las dos capas antes mencionadas; la estructura de pavimento se diseñará con base granular de una sola capa de 20 cm., la que estará constituida únicamente por la mezcla de materiales propuestos anteriormente para la base en el **capítulo IV.1.5.2.** Por lo antes descrito este diseño no contempla capa subbase.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1) CONCLUSIONES

Los resultados finales de los estudios de tránsito y suelos, realizados en el tramo Altos de Santo Domingo – Comarca La Hoyada, así como el diseño de espesores correspondiente se presentan a continuación:

V.1.1) Estudio de Tránsito

El tránsito promedio diario semanal es de 594 vehículos, de los cuales el 85.58% corresponde a transporte liviano y el 14.42 % a vehículos pesados.

La proyección del tránsito se hizo para un periodo de diseño de 12 años a partir del 2009 que será el año de puesta en servicio del proyecto, usando una tasa de crecimiento del 2%. Obteniéndose para el año 2021 un tránsito de diseño de 1,483,305 vehículos y un total de ejes equivalentes (ESAL) de 76,807. En relación a los ejes equivalentes los vehículos pesados representan el 96% y los livianos el 4%.

V.1.2) Estudio de Suelos

V.1.2.1) Materiales del sitio:

Los materiales del sitio que formarán parte de la subrasante proyectada se clasifican según la A.A.S.H.T.O, del tipo A-1-b (0), A-2-5(0), A-7-5(1), y A-7-5(2). No obstante en los sitios donde se encuentren suelos plásticos A-7-5(1), y A-7-5(2), éstos se cortarán a una profundidad de 20 cm. por debajo del nivel de la sub.-rasante y se compensará con material granular igual o mejor que el suelo A-1-b(0), procedente del Banco Ticuantepe, quedando ésta compuesta por suelos del tipo A-1-b (0) y A-2-5(0), para los que se seleccionó conservadoramente un CBR de diseño del 20%.

V.1.2.2) Fuentes de Materiales

El Material del Banco Santa Ana es un hormigón de origen volcánico, descrito como una grava de 2" de tamaño máximo, de partículas bien graduadas (GW) y no plásticas, clasificado dentro del grupo A-1-a (0).

Sin embargo no se recomienda su uso por si solo en la estructura de pavimento de este proyecto, sino que se deberá mezclar con un material más fino para mejorar sus características granulométricas, previa verificación de los resultados de laboratorio para este uso.

El material Selecto Ticuantepe es un suelo granular compuesto por arena, grava y material fino, cuyo índice plástico es del 4% máximo, se clasifica dentro del grupo A-1-b (0), sin embargo su composición granulométrica es muy fina en estado natural por lo que se recomienda para material de terracería.

V.1.2.3) Capa Base: La capa base estará compuesta por la mezcla de materiales de los bancos Santa Ana y Ticuantepe en proporción 3:2 respectivamente, la cual cumple con las características de graduación que establece la Normativa Nacional Nic-2000 y además posee un adecuado valor de soporte para este uso (CBR de 80% a una compactación del 100% proctor modificado).

V.1.2.4) Capa subbase: El diseño no contempla capa subbase.

V.1.3 DISEÑO DE ESPESORES

Los espesores de diseño de cada una de las capas de la estructura de pavimento se muestran en la tabla V.1.3:

Tabla V.1.3 Espesores de la Estructura de Pavimento		
Capa de Pavimento	Espesor en (Pulg.)	Espesor en (CM)
Carpeta Asfáltica	2	5
Base Granular	8	20
Espesor Total de la Estructura	10	25

Fuente: Elaboración Propia

V.2) RECOMENDACIONES

a) Posterior al descapote y al corte del material que se va a eliminar, se recomienda escarificar un mínimo de 15 cm. del material del sitio, humedecerlo hasta alcanzar su óptimo contenido de humedad y compactarlo a no menos del 95% de su densidad seca máxima aplicando el método proctor Standard.

b) Para la capa base con proporción 3:2 (Santa Ana :Ticuantepé), se recomienda verificar que la escoria posea una resistencia a la abrasión en la Máquina de los Ángeles de 50% máximo y la mezcla un valor de soporte no menor del 60% al 95% de compactación proctor modificado. Esta deberá ser colocada en una sola capa de 20 cm de espesor con un contenido de humedad próximo al óptimo y compactarlo hasta alcanzar el 100% proctor modificado.

c) Durante la construcción de las capas del pavimento, se debe controlar y verificar que la mezcla de los materiales, los espesores de las capas y el nivel de compactación se ejecuten de acuerdo al diseño.

d) Implementar monitoreos del tránsito vehicular durante la vida útil de la carretera para verificar si el tránsito de diseño se ajusta a las exigencias del tránsito real, si no es así, tomar las medidas correctivas para proteger la estructura de pavimento y mantenerla en óptimas condiciones durante su vida útil

e) En la ejecución de las actividades que se realizarán en la construcción se sugiere apegarse estrictamente a las recomendaciones del estudio del impacto ambiental, dado que la zona donde se ubica la obra está destinada a la Protección de la Erosión Hídrica (PC-2).

f) El drenaje longitudinal y transversal así como todas las obras y construcciones a realizarse para la conformación de la estructura de pavimento que no estén especificadas en este documento; deben ejecutarse según las normas generales para la construcción de caminos, calles y puentes (Nic. - 2000), debido a que de esto depende el buen desempeño de las capas de pavimento durante su vida útil.

BIBLIOGRAFIA

Documento	Fuente
➤ Documento de pavimento flexible.-----	Curso de Obras Viales UNI. Ing. Israel Morales.
➤ Documentos de estudio de Tránsito -----	Curso de Obras Viales UNI. Ing. Bernardo Calvo.
➤ Documentos de Geotecnia. -----	Curso de Obras Viales. UNI. Dr. Oscar Gutiérrez.
➤ Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes ---	Nic.-2000
➤ Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos. -----	SIECA
➤ Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2 ^{da} Edición -----	Ing. Alfonso Montejo.
➤ Estudio de Suelos. -----	CMW Consultores, S.A
➤ Información Variada (Tasas de crecimiento Económica, Vehicular y Poblacional). -----	Internet

ANEXOS

TABLA III.2.1.2 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

Sondeo	Estación	Profundidad		Espesor		Clasificación		Descripción del Material
		De (m)	A (m)	Del Estrato	Muestra No.	HRB - 3282 Grupo	IG	
1	0+012	0	0.2	0.2	--			Capa Vegetal
		0.2	0.7	0.5	1	A-7-5	1	Arcilla arenosa con grava, café Oscuro
		0.7	1.5	0.8	2	A-2-5	0	Grava arenosa limosa, gris (F. de cantera)
2	0+118	0	0.15	0.15	--			Capa Vegetal
		0.15	1.5	1.35	1	A-7-5	6	Arcilla arenosa poco gravosa, café claro
3	0+223	0	0.3	0.3	1	A-1-b	0	Arena gravosa con pocos limos, gris claro
		0.3	1	0.7	2	A-1-b	0	Arena gravosa con pocos limos, gris
		1	1.5	0.5	3	A-7-5	0	Arcilla arenosa con grava, marrón
4	0+327	0	0.2	0.2	--			Capa Vegetal
		0.2	0.67	0.47	1	A-2-5	0	Grava areno limosa, café
		0.67	1.5	0.83	2	A-1-b	0	Arena gravosa con pocos limos, gris claro
5	0+426	0	0.25	0.25	--			Capa Vegetal
		0.25	0.8	0.55	1	A-1-b	0	Arena gravosa pocos limos, gris Claro
		0.8	1.5	0.7	2	A-4	0	Limo arenoso amarillento (con pómez)
6	0+514	0	0.2	0.2	--			Capa Vegetal
		0.2	1.14	0.94	1	A-7-5	2	Arcilla arenosa con grava, Café
		1.14	1.5	0.36	2	A-2-5	0	Arena gravosa limosa, café claro
7	0+618	0	0.4	0.4	1	A-7-5	2	Arcilla arenosa con grava, Café
		0.4	0.6	0.2	2	A-1-b	0	Arena gravosa pocos limos, Gris
		0.6	1.5	0.9	3	A-4	0	Limo arenoso café claro
8	0+726	0	0.2	0.2	--			Capa Vegetal
		0.2	0.7	0.5	1	A-2-5	0	Grava arenosa limosa, café claro
		0.7	1.5	0.8	2	A-2-5	0	Grava arenosa limosa, café

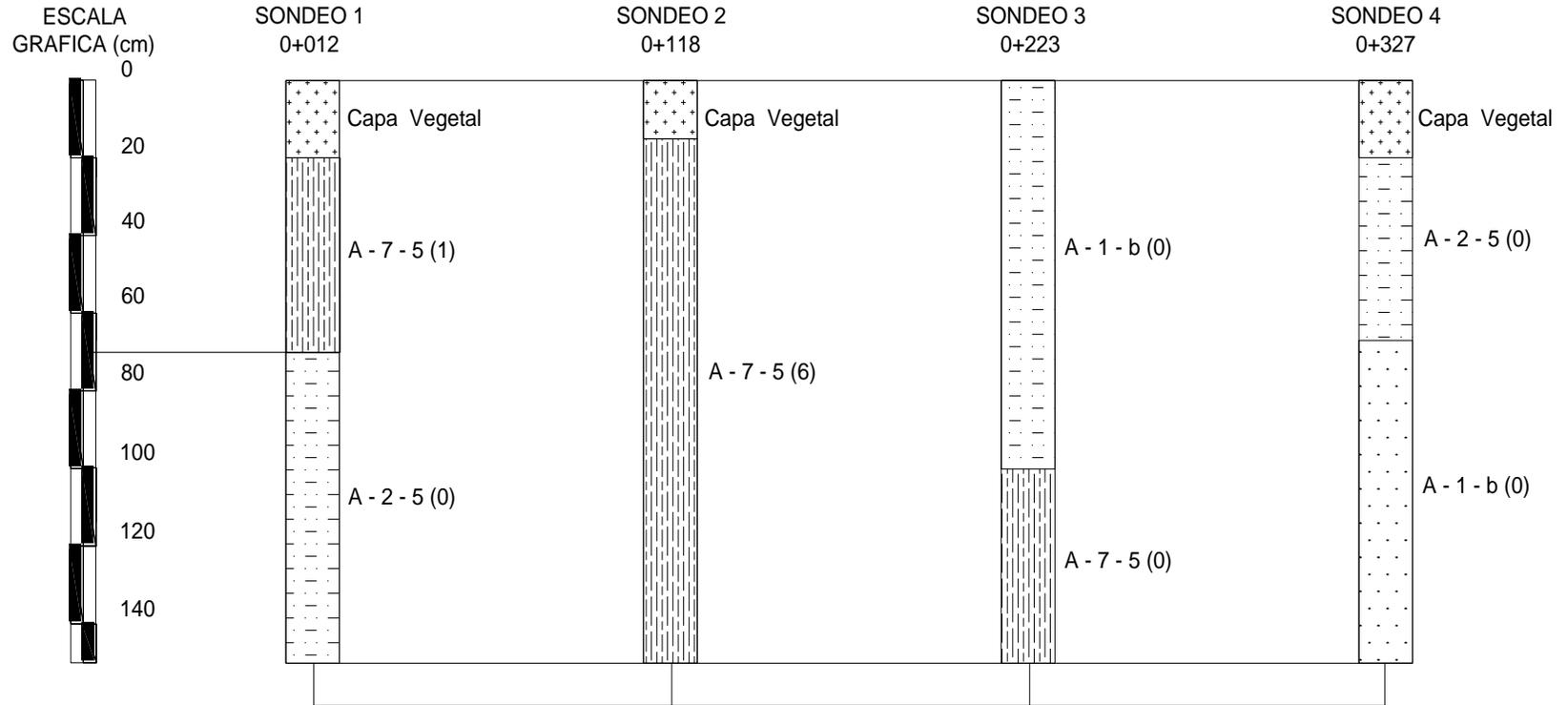
Fuente: Firma CMW Consultores, S.A e-mail: cmwsa@turbonett.om.ni

Tabla III.2.1.1 Ensaye de los Materiales obtenidos en los Sondeos Manuales

Sondeo No.	Estación	Profundidad			Estrato	Espesor	Muestra No.	% que pasa malla No.								Límites de Atterberg				Clasificación		
		De	A	Del				#200	#40	#10	#4	3/8"	3/4"	1"	1½"	3"	WL	WP	IP	MP	ASTM D - 3282	
		(m)	(m)					0.08	0.43	2	4.7	9.5	19	25	38	76.2	(%)	(%)	(%)	(%)	Grupo	IG
1	0+012	0	0.2	0.2	--																	
		0.2	0.7	0.5	1	39	48	71	86	97	100	100	100	100	55	44	11	528	A-7-5	1		
		0.7	1.5	0.8	2	28	42	59	70	88	100	100	100	100	44	41	3	126	A-2-5	0		
2	0+118	0	0.15	0.15	--																	
		0.15	1.5	1.35	1	49	63	86	94	99	100	100	100	100	55	40	15	945	A-7-5	6		
3	0+223	0	0.3	0.3	1	15	30	70	86	97	100	100	100	100			NP		A-1-b	0		
		0.3	1	0.7	2	8	26	74	86	98	100	100	100	100			NP		A-1-b	0		
		1	1.5	0.5	3	38	52	77	91	98	99	100	100	100	51	43	8	416	A-7-5	0		
4	0+327	0	0.2	0.2	--																	
		0.2	0.67	0.47	1	28	40	55	61	79	98	100	100	100	47	42	5	200	A-2-5	0		
		0.67	1.5	0.83	2	15	30	70	86	97	100	100	100	100			NP		A-1-b	0		
5	0+426	0	0.25	0.25	--																	
		0.25	0.8	0.55	1	11	28	72	89	97	100	100	100	100			NP		A-1-b	0		
		0.8	1.5	0.7	2	37	61	91	96	99	100	100	100	100			NP		A-4	0		
6	0+514	0	0.2	0.2	--																	
		0.2	1.14	0.94	1	39	55	80	91	99	100	100	100	100	53	41	12	660	A-7-5	2		
		1.14	1.5	0.36	2	29	44	65	74	84	88	88	91	95	51	41	10	440	A-2-5	0		
7	0+618	0	0.4	0.4	1	39	55	80	91	99	100	100	100	100	53	41	12	660	A-7-5	2		
		0.4	0.6	0.2	2	11	27	71	89	97	100	100	100	100			NP		A-1-b	0		
		0.6	1.5	0.9	3	37	61	91	96	99	100	100	100	100			NP		A-4	0		
8	0+726	0	0.2	0.2	--																	
		0.2	0.7	0.5	1	33	46	63	74	92	100	100	100	100	51	43	8	368	A-2-5	0		
		0.7	1.5	0.8	2	28	42	59	70	88	100	100	100	100	44	41	3	126	A-2-5	0		

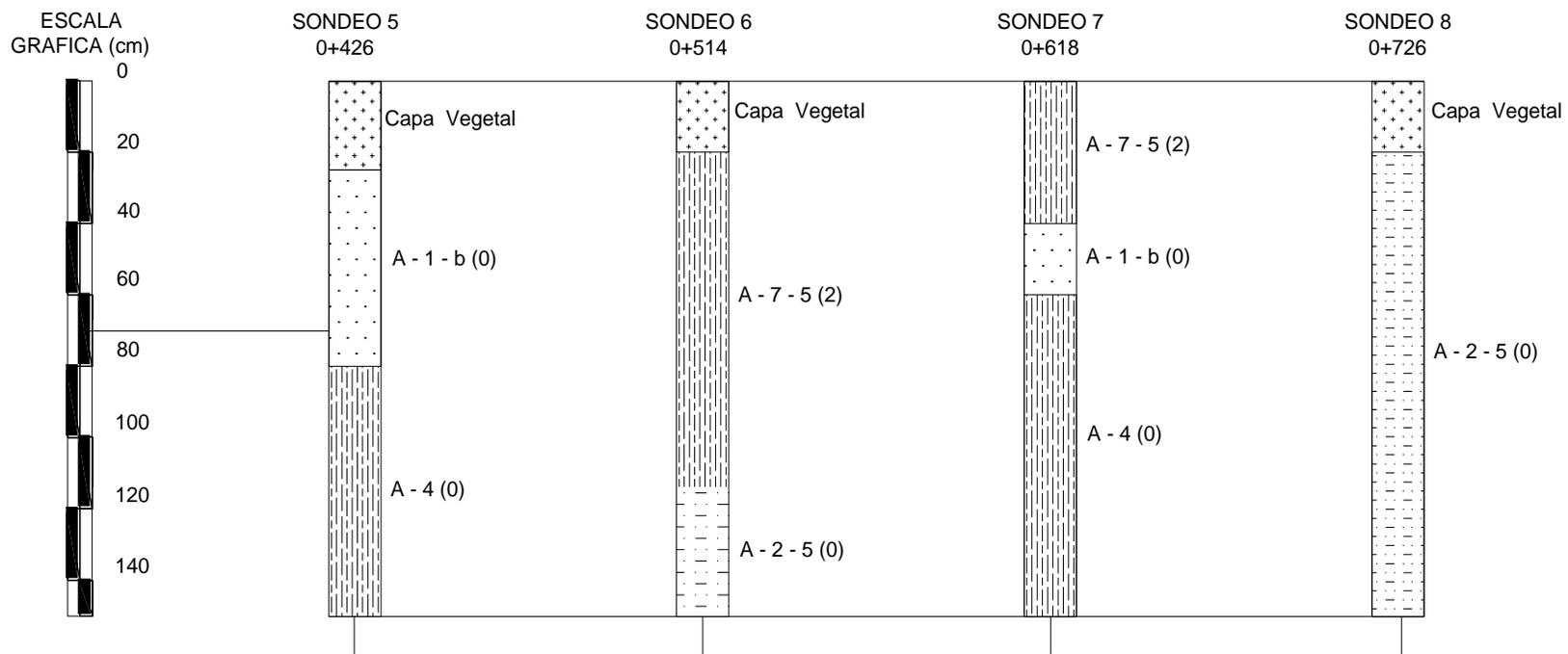
Fuente: Firma CMW Consultores, S.A e-mail: cmwsa@turbonett.om.ni

FIGURA III.2.1.2 ESTRATIGRAFIA DE LOS 8 SONDEOS MANUALES



Fuente: Firma CMW Consultores, S.A e-mail: cmwsa@turbonett.om.ni

FIGURA III.2.1.2 CONTINUACION



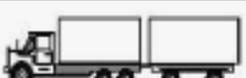
Fuente: Firma CMW Consultores, S.A e-mail: cmwsa@turbonett.om.ni

Tabla III.2.2 Ensaye de los Materiales de los Bancos de Préstamo y Mezclas

Procedencia	Muestra No.	(% en peso menor que Tamiz)										Límites de Atterberg			PVSS Max (Kg/m ³)	Clasificación ASTM D-3282	
		3"	2"	1½"	1"	¾"	⅜"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	Líquido	Plástico	Índice Plástico			
Banco (Hormigón Rojo) Santa Ana	1	100	100	91	84	78	64	46	25	3	1	NP	NP	NP	1,023	A-1-a (0)	
Banco Ticuantepe Km. 19 c. a La Concha	1	100	100	100	99	98	97	88	73	38	19	27	23	4	1,468	A-1-b (0)	
Mezcla 60% Santa Ana + 40% Ticuantepe	1	100	100	95	91	88	82	68	48	20	7	NP	NP	NP	--	A-1-a (0)	
								Peso Volumétrico Seco Máximo = 1,549 Kg/m ³									
								Humedad Optima = 13.0 %									
								Valor Soporte (CBR) = 80 %									
								(CBR al 100% Próctor Modificado)									
Mezcla 50% Santa Ana + 50% Ticuantepe	1	100	100	96	92	88	81	67	49	21	10				--	A-1-a (0)	
								Peso Volumétrico Seco Máximo = 1,650 Kg/m ³									
								Humedad Optima = 15.9 %									
								Valor Soporte (CBR) = 62 %									
								(CBR al 95% Proctor Modificado)									

Fuente: Firma CMW Consultores, S.A e-mail: cmwsa@turbonett.om.ni

Tabla IV.1.2.1

Carga permisible por tipo de Vehículo								
TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		4.50	9.00					13.50
C3		5.00	16.00					21.00
			8.00	8.00				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Dirección General de Vialidad, Dirección de Administración Vial (MTI), Managua, Nicaragua

Tabla IV.1.2.2

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2,0$

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo.

Tabla. IV.1.2.3

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $P_t = 2,0$

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

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo.

IV.1.5.2.1 Nomograma para el Cálculo de a_1 en la Carpeta Asfáltica.

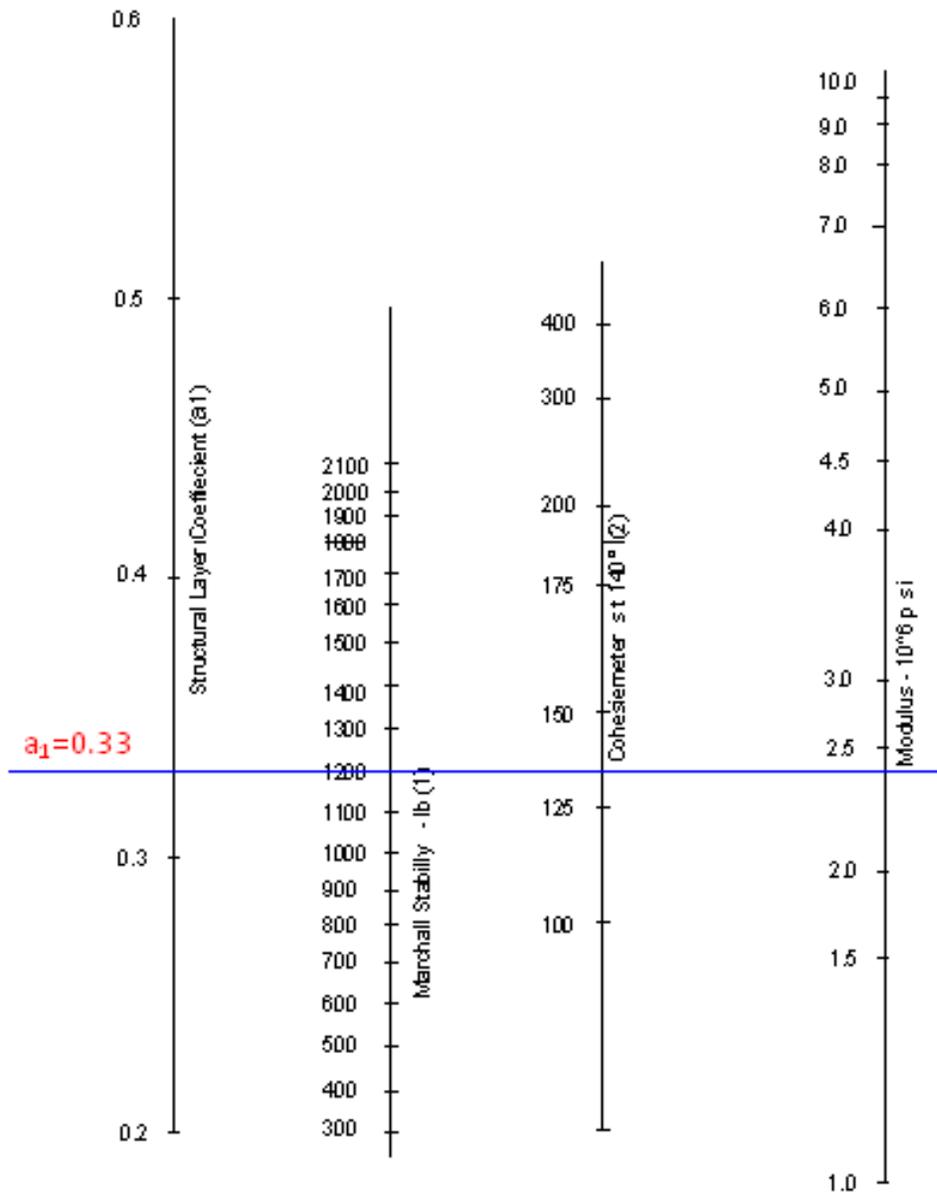


Grafico D.4 Variation in “ a_1 ” with Surface Course Strength.

Fuente: Curso de Obras Viales, Diseño de Pavimento Flexible. Ing. Israel Morales.

IV.1.5.2.2 Nomograma para el Cálculo de a_2 en la Base Granular.

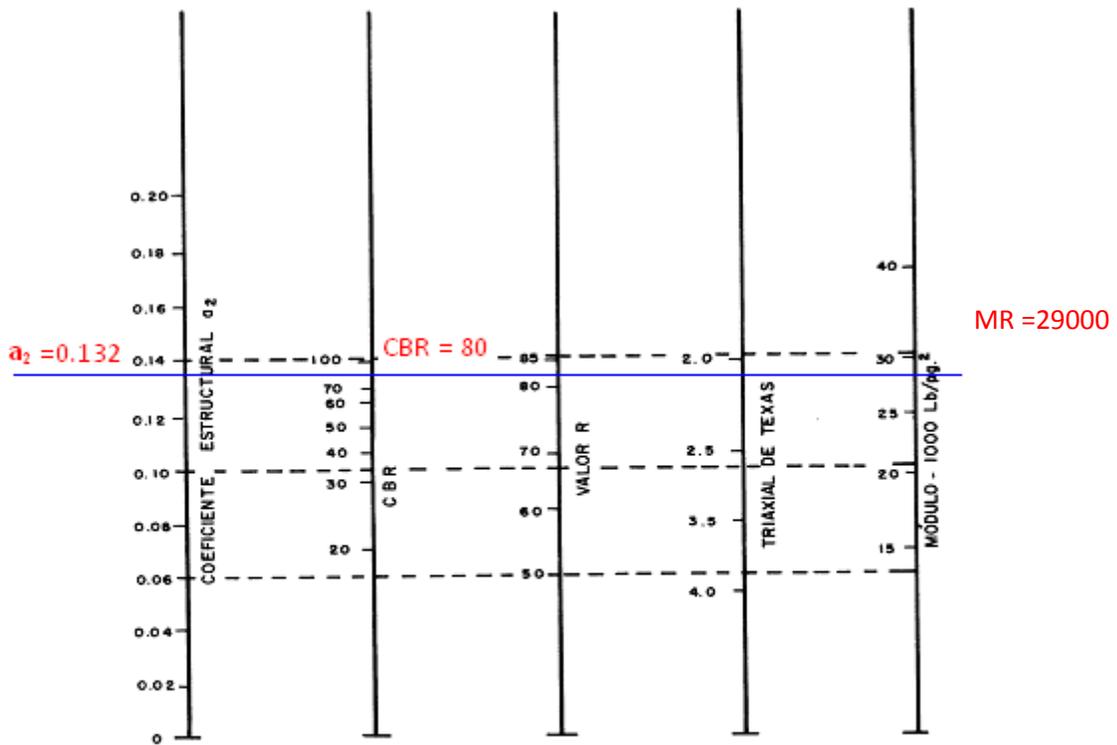


Figura 5.29 - Variación de coeficiente a_2 con diferentes parámetros de resistencia de la base granular.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo.

IV.1.5.2.3 Nomograma para el Cálculo de a_3 en la Sub Base Granular

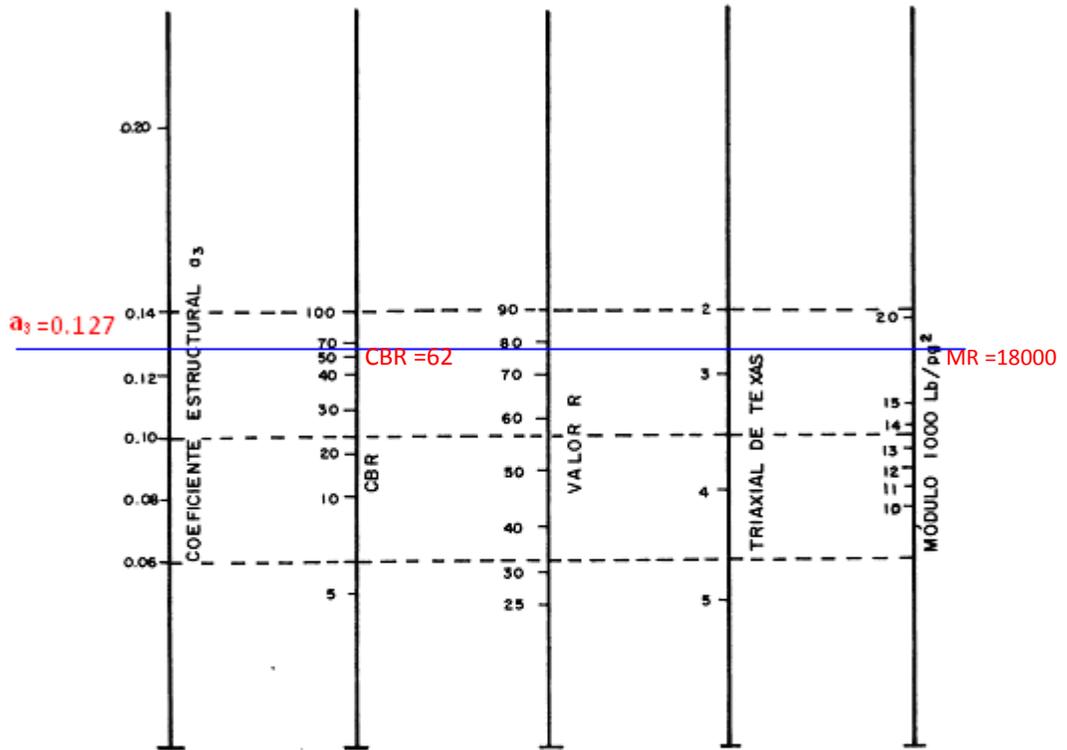


Figura 5.32 – Variación del coeficiente a_3 con diferentes parámetros de resistencia de la subbase.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo.

Grafico IV.2 Resultados del programa A.A.S.H.T.O 86, Paviment Design

```

G:\programa\ACAL.EXE
Pavement Analysis: READY Page: 6
AASHTO '86 Design Equations

**** Flexible Pavement Analysis ****

[1] Design E 18's          76.807
[2] Reliability            80.00
[3] Overall Deviation      0.45

[4] Soil Resilient Mod.   13,186.0
[5] Initial Serviceability 4.20
[6] Terminal Serviceability 2.00

Flexible Structural Number 1.67

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

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

```

G:\programa\ACAL.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                   2.00              0.66
2              0.13                1.00                   8.00              1.04
3              0.13                1.00                   [ ]               -0.26
4
5
6

SN Required = 1.67 <Ok>

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

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

Fuente: Programa A.A.S.H.T.O 86, Paviment Design



FOTOS DEL ESTADO ACTUAL DEL TRAMO DE CARRETERA
"ALTOS DE SANTO DOMINGO – COMAR