UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

"DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE DE 4 KM DE LONGITUD EN EL TRAMO CARRETERO SAN RAFAEL DEL NORTE – CENTRO TURÍSTICO LA BRELLERA, POR EL MÉTODO DE LA AASHTO 93"

TESINA PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO CIVIL

SUSTENTANTES:

Tania Yoheysi Flores Casco.

Luisa Valeska López Lumbí.

TUTOR:

MSc. Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, Agosto 2013

Managua, 31 de Mayo 2013

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

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio tengo a bien informarle que la tesina que lleva por nombre: **“DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE DE 4 KM DE LONGITUD EN EL TRAMO CARRETERO SAN RAFAEL DEL NORTE – CENTRO TURÍSTICO LA BRELLERA, POR EL MÉTODO DE LA AASHTO 93”**, está lista para entrar en el proceso de defensa, la cual fue realizada por los Bachilleres: **Tania Yoheysi Flores Casco y Luisa Valeska López Lumbí,** bajo mi tutoría.

Adjunto documento final de dicha tesina, para sus respectivas observaciones.

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

_____

Ing. Jimmy Sierra Mercado.

CC: Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.61
Managua, febrero 08 de 2013.

Bachilleres
TANIA YOHEYSI FLORES CASCO
LUISA VALESKA LOPEZ LUMBI
Presente

Estimadas Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema de Tesina titulado "**DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE DE 4 KM DE LONGITUD EN EL TRAMO CARRETERO SAN RAFAEL DEL NORTE-CENTRO TURISTICO LA BRELLERA, POR EL METODO DE LA AASHTO93",** ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, de que el Ing. JIMMY SIERRA MERCADO, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 31 de mayo de 2013.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesina, me despido.

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
COORDINACIÓN DE NORMATIVAS DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

HOJA DE CONCLUSIÓN DE TESINA.

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) Tania Yoheysi Flores Casco. 2) Luisa Valeska López Lumbí.
NOMBRE DEL CURSO: CURSO DE TITULACIÓN DE OBRAS VIALES.
NOMBRE DE LA TESINA: "Diseño de una estructura de pavimento semiflexible de 4 km de longitud en el tramo carretero San Rafael del Norte – Centro Turístico La Brellera, por el método de la AASHTO 93"
ESPECIFIQUE LAS ÁREAS QUE ABORDARÓN EN LA TESINA: 1) Estudio de Suelo 2) Estudio de Tráfico 3) Diseño Estructural de Pavimento
FECHA DE DEFENSA:
VALORACIÓN DEL TUTOR SOBRE LA TESINA:
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA: 1) 2) 3)
FIRMA COORDINADOR:_____

_____

FIRMA DEL TUTOR.

CC: Archivo.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado:

A Dios primeramente, por darnos fortaleza, por estar con nosotros en cada paso que damos y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el período de estudio.

A nuestros padres, por el apoyo incondicional, por darnos el ejemplo de superación, esfuerzo, dedicación y sacrificio, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos brindan y su tenacidad, lucha insaciable que han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir.

A las personas que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, que nos ayudaron y orientaron en la elaboración de nuestra tesina.

Br. Tania Yoheysi Flores Casco.

Br. Luisa Valeska López Lumbí.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y brindarnos una vida llena de aprendizaje y experiencias, permitiendo así la culminación de nuestros estudios para obtener nuestro título profesional.

Le damos gracias a nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos han inculcado, por habernos dado la oportunidad de tener una educación y todo por ser ejemplo en nuestras vidas.

A todas aquellas personas que nos ayudaron brindándonos tiempo y conocimientos para el desarrollo de nuestra tesis.

Br. Tania Yoheysi Flores Casco.

Br. Luisa Valeska López Lumbí.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento contiene el diseño estructural de pavimento semiflexible de 4 km de longitud en el tramo carretero San Rafael del Norte – Centro Turístico La Brellera. Para la realización de este diseño estructural se tomaron en cuenta los siguientes Estudios:

Estudio de Suelo: Este estudio se realizó con la finalidad de establecer las características Físico Mecánicas de los suelos del tramo San Rafael del Norte – Centro Turístico La Brellera.

Para esta finalidad se determinaron las características del terreno a lo largo del camino en estudio a través de los resultados de ensayes de laboratorio aplicados a las muestras extraídas de los sondeos de línea, así como también de los bancos de materiales disponibles en la zona. Estos ensayes, tales como: clasificación de suelo, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad y CBR fueron hechos de acuerdo a las especificaciones ASTM.

Estudio de Tráfico: Este se basa en la situación actual del tráfico sobre el tramo de carretera y su respectiva proyección; tomando como parámetro los volúmenes de tránsito obtenidos mediante aforos en el sitio de estudio.

De aquí se obtienen los principales parámetros que se utilizan para el diseño de la estructura de pavimento, siendo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de **222** vehículos. A demás, se estimó una tasa de crecimiento del **4.20%**, tomando en cuenta los datos históricos del TPDA más cercano a la vía, se realizaron las correlaciones del TPDA-PIB y del TPDA-Población.

También se consideró la composición de este y las variables que implican el cálculo del tránsito del carril de diseño como son: El período de diseño, y el factor de distribución por dirección (fd) y el factor de distribución por carril (fc).

Se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) *o* W_{18}**=300,345.68.**

Diseño de la Estructura de Pavimento: En este diseño se consideraron los siguientes parámetros fundamentales para el diseño como son: La confiabilidad, La desviación estándar, La serviciabilidad así como las propiedades de los materiales y el número estructural requerido (SN), hasta llegar a obtener los espesores finales del pavimento. Se proponen los espesores de las capas del pavimento haciendo uso del método de diseño AASHTO - 93, dando como resultado una estructura con una capa de rodadura de **4 pulgadas** (espesor estándar del adoquín de concreto) y una base de **4 pulgadas** (10 cm).

Los principales parámetros asumidos para determinar los espesores, fueron:

- ✓ ***Grado de Confiabilidad ……..…… R = 85%***
- ✓ ***Desviación Estándar…….. So = 0.45***
- ✓ ***Capacidad de Servicio Inicial ……..…….. Po= 4.2***
- ✓ ***Capacidad de Servicio Final……. Pt = 2.0***
- ✓ ***Número de Ejes Equivalentes……. ESAL's o W18* =300,345.68**
- ✓ ***C.B.R. de Diseño……. Sub Rasante = 15.4%***

GLOSARIO

- ✓ **Calicatas:** Son excavaciones de profundidad pequeña a media, permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa para conocer la estratigrafía del subsuelo y caracterizar geotécnicamente cada uno de sus estratos. La calicata permite la toma de muestras in situ.

- ✓ **CBR. (Relación de Carga California):** Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón. Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

- ✓ **Humedad Óptima:** La humedad óptima es parte del ensayo de compactación, es la cantidad de agua a la cual se obtiene el mayor grado de compactación y se evalúa según la curva de compactación.

- ✓ **Índice de Plasticidad:** Es el rango de humedades en el que el suelo tiene un comportamiento plástico. Por definición es la diferencia entre límite líquido y el límite plástico.

- ✓ **IPC (Índice Per cápita):** El ingreso per cápita tiene una estrecha relación con el ingreso nacional. El ingreso hace referencia a todas las entradas económicas que recibe una persona, una familia, una empresa, una organización, etc. El ingreso nacional corresponde a la suma de todos los ingresos individuales de los nacionales de un país.

.

- ✓ **Límites de Atterberg:** Es el procedimiento analítico que permite determinar el contenido de humedad en el cual se producen los cambios de estado de un suelo. Los límites definidos son sólido, semi-solido, plástico o semilíquido.

- ✓ **Limite líquido:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado semi-líquido y plástico. Se les practican estos ensayos a los materiales que pasen la malla No.40.

- ✓ **Limite plástico:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semi-sólido.

- ✓ **Módulo Resilente**: Es una medida de la propiedad elástica de los suelos, fundamentalmente para caracterizar los materiales que constituyen la sección de un pavimento de una carretera.

- ✓ **PIB:** El **producto interno bruto** (**PIB**), es una medida macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país durante un período determinado de tiempo.

- ✓ **Posteadora:** Es una herramienta, manual muy simple que se usa para perforaciones o sondajes en suelos blandos hasta profundidades de 5m a 6m.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I: Generalidades.

1.1. INTRODUCCIÓN……1

1.2. ANTECEDENTES……3

1.4. OBJETIVOS……..5

1.4.1. Objetivo General……...5

1.4.2. Objetivos Específicos……..5

Capítulo II: Estudio de Suelo.

2.1. Generalidades……..7

2.2. Ensayos de Suelos de Línea……7

2.2.1. Resultado de los Ensayos sobre la Línea……8

2.3. Ensayos de Bancos……..10

2.3.1. Estabilización con Cemento……12

2.4. CBR de Diseño……..13

Capítulo III: Estudio de Tránsito.

3.1. Generalidades……17

3.2. Estudios de Campo……...17

3.2.1. Volumen y Clasificación……17

3.2.2. Procedimiento de Campo……18

3.3. Resultados del Conteo Vehicular……18

3.3.1. Cálculo del Tráfico Promedio Diurno……..18

3.3.2. Expansión a 24.0 Horas……18

3.4. Determinación de Tasas……..19

3.4.1. Tasas de Crecimiento……20

3.5. Proyecciones de Tráfico……...21

3.5.1 Variables Estudiadas……..22

3.5.2. Tráfico de Diseño……...26

3.5.3. Período de Diseño (PD)……..27
3.5.4. Factor Distribución Por Dirección (FD)……28
3.5.5. Factor Distribución Por Carril (fc)……..28
3.5.6 El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)……..29
3.5.7. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt)……...29
3.5.8. Perdida de Serviciabilidad (ΔPSI)……29
3.5.9. Número Estructural Asumido (SN)……30
3.5.10. Factor de Equivalencia (FESAL)……30
3.5.11. Ejes Equivalentes (ESAL o W18)……30

Capítulo IV: Diseño de Pavimento.

4.1. Generalidades……..34
4.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93:.....34
4.2.1. Confiabilidad(R)……...34
4.2.2. Desviación Estándar (So)……...35
4.2.3. Coeficiente de Drenaje (m)……36
4.2.4. Cálculo del CBR de Diseño……36
4.2.5. Módulo de Resilencia (MR)……37
4.2.6. Coeficientes Estructurales……..37

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. CONCLUSIONES……...45
5.2. RECOMENDACIONES……..46
5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……47
ANEXOS……...48

1.1. INTRODUCCIÓN

La red vial de San Rafael del Norte, localizado en el departamento de Jinotega, ha venido aumentado considerablemente, mejorando la accesibilidad para sacar la producción de este Municipio, que es netamente agrícola. Sin embargo los caminos principales entre ellos, la carretera de San Rafael del Norte a San Sebastián de Yalí ha permanecido con un bajo mantenimiento.

El presente documento contiene el diseño de una estructura de pavimento semiflexible (adoquinado) en el tramo de carretera “San Rafael de Norte – Centro Turístico La Brellera, esta pertenece a la carretera NIC–3.Este camino se desarrolla mayoritariamente con rumbo noroeste sobre un terreno ondulado y montañoso, forma parte de la Ruta Sandino, sirviendo de vía para el desarrollo turístico de la Región. El proyecto tiene su inicio en el Municipio de San Rafael de Norte, ubicada a 228 Km de la Ciudad de Managua, finalizando en el Centro Turístico La Brellera.

En el diseño del Pavimento se utilizaron los principios básicos propuestos por la metodología AASHTO 93, cumpliendo con los criterios y especificaciones necesarios, lo cual permitirá un mejor diseño y una construcción más durable de la superficie de rodadura de la carretera, para seguridad y comodidad de los usuarios.

El pavimento se diseñó de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas. Para ello fue necesario analizar fundamentalmente la problemática que representará el comportamiento del pavimento debido al tránsito, ya que se incrementará conforme al crecimiento de la población, al desarrollo tecnológico y al crecimiento económico; lo que traerá a su vez mayor cantidad de repeticiones de ejes de carga.

En anexos se incluyen estudios de la capacidad portante del suelo frente a la carga esperada, la estimación correcta de la intensidad de uso de la carretera, la naturaleza geológica y geotécnica del suelo sobre el que va a construirse, hasta el análisis y diseño de la composición y espesor de la estructura de pavimentación.

1.2. ANTECEDENTES

La red vial de San Rafael del Norte, ha venido aumentado considerablemente, producto de la política aplicada por la administración local, orientada a mejorar la accesibilidad para sacar la producción de este Municipio, que es netamente agrícola.

Esta carretera fue construida en 1952, sirviendo de comunicación entre los pueblos de San Rafael del Norte y San Sebastián de Yalí. Debido a que los carriles eran muy angostos y se encontraban en malas condiciones, la vía no era muy transitada, pero con el crecimiento demográfico y de la economía, especialmente en el ecoturismo, el tránsito ha aumentado y se necesita mejorar las condiciones de dicha vía.

El camino atraviesa la reserva natural cerros de Yalí, en la cual se están desarrollando importantes programas de promoción del desarrollo y de emprendimiento productivo de base ambiental que demanda acceso permanente de alta calidad.

En la actualidad la vía presenta deterioro moderado en la carpeta de rodamiento, debido a la acción del agua y a las fuertes cargas que tiene que soportar, presentando diferentes fallas, notables a lo largo del tramo. Cabe destacar que a este tramo carretero no se le ha realizado ningún tipo de mejoramiento lo que ha ocasionado el estado actual de la vía.

En inviernos pasados se vieron afectados varios kilómetros, debido a que es una zona bastante lluviosa, por lo que la vía de macadán año con año es severamente castigada. La estructura actual del camino no tiene sub base ni base, solo una superficie revestida con material granular de mediana calidad, aparentemente obtenidos de banco de préstamos de materiales del tipo de ignimbritas con textura derivada propia de estos suelos (arcillas no expandibles, limos y arena de mala calidad) susceptibles a la acción erosiva del agua.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido al deterioro repetido del tramo de carretera San Rafael del Norte – Centro turístico La Brellera y ante las condiciones de volumen de tráfico en incremento, la comodidad y seguridad demandada por los nuevos usuarios y la población local, reducción de costos y de tiempo en el manejo de la economía, es necesario el diseño y construcción de la vía que responda eficientemente a las demandas y de manera duradera.

En este esfuerzo se busca realizar un nuevo diseño de la estructura de pavimentos flexibles, que responda a las normas SIECA y sea capaz de responder a las cargas aplicadas y exigencias de uso permanente de una economía en crecimiento; en un entorno natural sujeto a la influencia del tiempo y que sufre los impactos del cambio en el clima global.

La problemática causada por el mal estado de la carretera para el bienestar de la ciudadanía y el éxito de su emprendimiento productivo conduce a la búsqueda de soluciones adecuadas ajustadas a las normas y la buena práctica de ingeniería, que garanticen la sostenibilidad necesaria para asegurar durabilidad y consistencia de la vía para un tránsito permanente y rápido.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General:

- ✓ Diseñar una estructura de pavimento semiflexible de 4 km de longitud en el tramo carretero San Rafael del Norte – Centro Turístico La Brellera, por el método de la AASHTO 93.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- ✓ Analizar las características físico-mecánicas del suelo y banco de materiales para su utilización en el diseño de espesores.

- ✓ Realizar el conteo vehicular con la finalidad de proyectar el TPDA para cuantificar las cargas que circulan sobre dicho tramo.

- ✓ Determinar los Espesores de la carpeta de rodamiento a través del Método de la AASTHO 93, para Pavimento semiflexible.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE SUELO

2.1. Generalidades

Para conocer las propiedades de los suelos en nuestro proyecto, fue necesario tomar muestras en todo el desarrollo del mismo (calicatas), posteriormente en el laboratorio se determinaron sus propiedades:

- ✓ Granulometría
- ✓ Limites de Atterberg (Limite e índice plástico)
- ✓ Valor de Soporte (CBR)
- ✓ Densidad (Proctor)
- ✓ Humedad

La interpretación de los datos obtenidos de los análisis de laboratorio nos permitió la generación de especificaciones de diseño para el tramo carretero a partir de la correcta determinación de las características físico - mecánicas de los materiales disponibles, la capacidad portante del suelo frente a las cargas impuestas.

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio se elaboró un perfil estratigráfico en el que se detallan los distintos tipos de suelos y su profundidad.

2.2. Ensayos de Suelos de Línea

Para realizar el Estudio, se efectuaron un total de 44 sondeos manuales, con profundidades máximas de 1.5 metros, limitados muchos de ellos por el basamento rocoso sub-yacente, y el cual en algunos sitios aflora a los lados del camino, en las cunetas del Proyecto. La ubicación de los sondeos fue de cada cien metros entre uno y otro, ubicados alternadamente al centro, izquierda y derecha, de la carretera.

El muestreo de los sondeos de línea se hizo con posteadora y barra, clasificándose el material en el sitio visualmente y al tacto.

2.2.1. Resultado de los Ensayos sobre la Línea

Los suelos existentes a lo largo del Proyecto, de acuerdo a los sondeos realizados y a los ensayos de laboratorio efectuados, presentan de manera general las características siguientes:

Superficialmente existe una capa de rodamiento mayoritariamente de 11 a 20 cm de espesor, compuesta de gravas limosa con arena y de arenas limosas con grava tipo A-2-4 (0), A-1-b (0) y A-1-a (0), con coloraciones café claro, gris y blanquecino. La plasticidad en general de estos suelos superficiales varía de 22 a 39% de Límite Líquido, de 3 a 14% de Índice de Plasticidad. Las partículas de los suelos gravosos pasan de 75 a 100% el tamiz de 2”, entre 27 y 79% el tamiz No.4, y entre 13 y 18% el tamiz No.200. Las partículas de los suelos areno limosos con grava pasan entre 70 y 92% el tamiz No.4, y entre 8 y 33% el tamiz No.200. Entre estos suelos de rodamiento, existen algunos que tienen una plasticidad del orden de 40 y 16% con clasificación HRB de A-2-6 (0).

El CBR obtenido de las muestras de rodamiento, compactadas al 90, 95 y 100% Proctor Estándar, fue del orden de 10 a 19%, de 13 a 24% y de 20 a 35%, respectivamente.

El CBR obtenido del grupo de muestras gravo arcillo limosos con arena de baja compresibilidad tipo A-2-6 (0), compactadas al 90, 95 y 100% Proctor Modificado, fue de 10%, 23% y 34%, respectivamente. Su PVS máx. es de 1,723 kg/m^3 y su Humedad Optima de 19.4%.

Debajo de los suelos descritos anteriormente, que fueron encontrados superficialmente, subyacen suelos gravo arcillosos con arena, areno arcillosos con grava, así como suelos arcillosos y limo arcillosos con grava de media a baja compresibilidad tipo A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6 con Índice de Grupo de hasta 12, en el caso de los suelos arcillosos, y coloraciones café, café

amarillento, gris oscuro y blanquecino. También subyacen algunos suelos arcillosos y limo arcillosos de alta compresibilidad tipo A-7-5 y A-7-6 con Índice de Grupo hasta de 29. Tienen de 40 a 59% de Límite Líquido, de 13 a 31% de Índice de Plasticidad, y sus partículas pasan de 76 a 100% el tamiz de 2” en el caso de los suelos gruesos tipo A-2-6, A-2-7, y 100% el tamiz No.4 en el caso de los suelos finos arcillosos, pasan de 9 a 86% el tamiz No.200.

Los suelos arcillosos de alta compresibilidad tienen de 62 a 88% de Límite Líquido, y pasan de 27 a 35% el tamiz No.200.

El CBR obtenido de grupos de muestras de suelos gravo arcillosos, compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Estándar, fue del orden de 9%, 15% y 28%, respectivamente. El CBR obtenido de grupos de muestras de suelos areno arcillosos de baja compresibilidad y areno limosos, compactadas al 90, 95 y 100% Proctor Estándar, fue del orden de 6%, 13% y 20%, respectivamente. El CBR obtenido de grupos de muestras de los suelos arcillosos, compactadas al 90, 95 y 100% Proctor Estándar, fue del orden de 3%, 5% y 7%, respectivamente.

A lo largo del tramo en estudio, en el sondeo 32 se encontró un tipo de suelo arcilloso de alta compresibilidad, el cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla-3: Sondeo

Sondeo	Profundidad, cm	Tipo de Suelo
Tramo: San Rafael del Norte-Centro Turístico la Brellera		
32	16 a 150	A-7-5 (29)

Fuente: Estudio de Suelo, EDICO.

Por otro lado, es de señalar que muchos sondeos no alcanzaron la profundidad nominal de 150 cm debido a la existencia de suelos densos muy consolidados o basamento rocoso.

En el **Anexo A – Gráfico 1: Estratigrafía de la Vía (Página 53-56)**, se presenta la estratigrafía de suelo, la cual resumen los resultados encontrados en el proyecto.

2.3. Ensayos de Bancos

Se tomaron muestras de tres (3) Bancos de Préstamo, los cuales son los siguientes:

Tabla-4: Ensayos de Bancos

No.	Nombre	Ubicación	Coordenadas UTM GWS-84 (Zona 16)
1	Cerro Los Muertos	De San Rafael del Norte, 300 m este	596923 E – 1460464 N
2	Los Encuentros	Est.1+350, l/i	595622 E – 1462009 N
3	El Boniche	Est.7+500, l/i	591192 E – 1466113 N

Fuente: Estudio de Suelo, EDICO.

Los Bancos son de uso conocido en la zona y ya han estado en explotación, por lo que presentan cortes. En cada Banco se realizaron de 3 a 4 calicatas de 3.0 m de profundidad, y además se tomaron muestras en varios sitios de los cortes existentes.

Los materiales obtenidos de los Bancos de Préstamo, de acuerdo a la exploración realizada y a los ensayos de laboratorio efectuados, presentan de manera resumida las características siguientes:

Tabla-4.1.Características de los materiales de los Bancos

No.	Nombre del Banco	Pasa Tamiz 2"	Pasa Tamiz No.4	Pasa Tamiz No.200	LL, %	IP, %	CBR, %		
							90%	95%	100%
1	Cerro Los Muertos	100	17	5	40-46	16-21			
2	Los Encuentros	100	56-88	12-39	28-48	1-12	14	21	32
3	El Boniche	89-100	32-56	12-17	42-57	9-13	30	37	41

Fuente: Estudio de Suelo, EDICO.

El volumen explotable aproximado de los Bancos, es el siguiente:

Banco de Préstamo No.1: Cerro de los Muertos

Las dimensiones aproximadas (largo x alto x ancho) del Banco, son de 50x10x30 m, para un Vol.± de 15,000 m³. Tiene un descapote según el pozo No.4, de 1.95 m. En los pozos 1, 2 y 3, hasta una profundidad de 3.0 m, no se encontró material.

Banco de Préstamo No.2: Los Encuentros

Las dimensiones aproximadas (largo x alto x ancho) del Banco, son de 125x10x30 m, para un Vol.± de 37,500 m³. Tiene un descapote de 1.1 a 1.5 m de espesor.

Banco de Préstamo No.3: El Boniche

Las dimensiones aproximadas (largo x alto x ancho) del Banco, son de 150x20x60 m, para un Vol.± de 180,000 m³. El material de descapote de la roca en las catas 1 y 2, tiene un descapote de 0.2 m de espesor. En los sitios de las calicatas 3 y 4, a partir de 0.95 a 1.6 m de profundidad, se encuentra material tipo cantera color rojizo y blanco.

2.3.1. Estabilización con Cemento

De acuerdo a los resultados obtenidos se considerará utilizar como fuente de materiales para capa de base el Banco Los Encuentros, pero debido a que su granulometría y resistencia (CBR) no se ajusta a las mínimas establecidas en las normas para ser utilizado en estas capas, se consideró estabilizar su material con cemento, siendo que esta alternativa ha representado una experiencia con buenos resultados en los proyectos viales del país.

Para nuestro caso no se presentan los resultados de resistencia, por lo que se procedió a diseñar con los valores establecidos en la normativa **Especificaciones Generales para la Construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000 sección 1003.23-ii.d**, que especifica que después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión de, por lo menos, **1800 KN/m^2, que equivale a 19 Kg/cm^2** o más bien 270 psi medida después de 7 días.

Para mejorar las propiedades mecánicas del material del Banco de Préstamo que se va a utilizar, se estabilizó con una dosificación del 4% de cemento Portland, referido al peso seco de dicho material. Los resultados obtenidos a los 7 días de edad, fue el siguiente:

Tabla-4.2: Resultado de los materiales de banco estabilizado con Cemento

Banco	Nombre del Banco	Dosificación de Cemento
		4%
1	Los Encuentros	270 PSI
		19 kg/cm²

Fuente: Estudio de Suelo, EDICO.

2.4. CBR de Diseño

La "Relación de soporte" (normado en la AASHTO con el número T-193). Es un ensayo de CBR que mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras.

La Sub- rasante que es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto. A continuación se presentan las especificaciones para sub rasante.

Tabla-5: Especificaciones para terraplenes y materiales para sub rasante

Nº	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología.
1	% de malla Nª 200	40 % máx.	30 % máx.	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40 % máx.	30 % máx.	AASHTO T-89
3	Índice Plástico	15 % máx.	10 % máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10 % Mim.	20 % mim.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % mim. Del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba próctor modificado. (AASHTO-99)	95 % mim. Del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba próctor modificado. (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/o T-238 (in situ)

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

El valor a tomar de los materiales existentes, debe ser representativo en el tramo de camino a considerar en el diseño de pavimento, por lo que existen varios criterios para seleccionar el CBR de diseño, siendo el más utilizado el del Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor tal, que el 60%, el 75% ó el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el

tránsito que se espere que circule sobre el pavimento, tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla-6: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño

Cargas Equivalentes Totales (Esal's)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	**75**
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Tomando en cuenta que el ESAL's es: 300,345.68. Para nuestro diseño utilizaremos un percentil de 75%.

Para el cálculo del CBR de diseño del material existente, que será utilizado como sub rasante, la cual se encuentra a nivel de la superficie; se tomaron los valores de CBR compactados al 95% de la muestra #1 del primer estrato de cada sondeo. Considerando que las muestras son superficiales debido a los basamentos rocosos que se encontraron. Ver **Tabla- 2 (Página 57-58): Resultados de Ensayes de Laboratorio.**

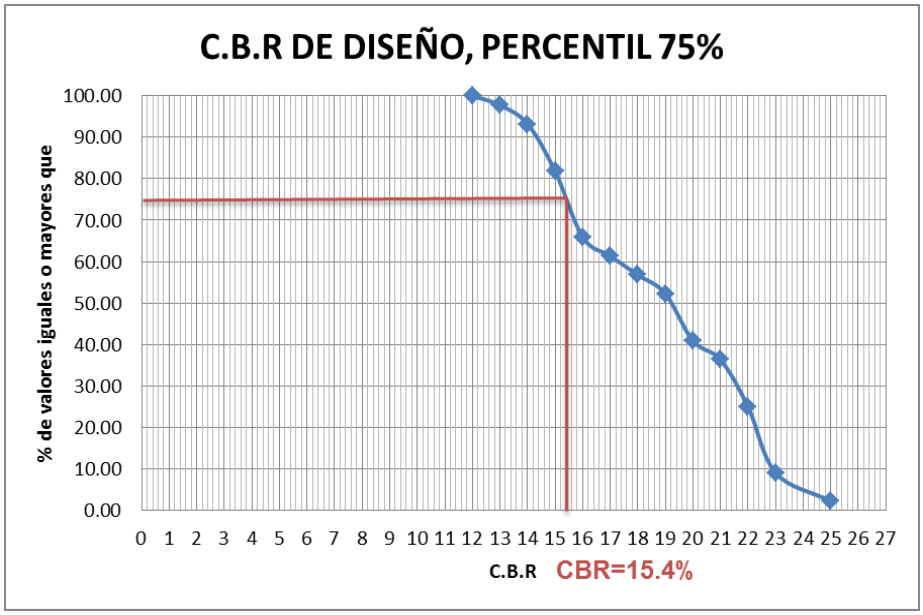
Como podemos observar en el gráfico el resultado del CBR de diseño para la sub-rasante fue de 15.4%. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.

Tabla-7: Cálculo del CBR de Diseño

CBR	Número de Muestras	Número de Valores Iguales o Mayores	% de Valores Iguales o Mayores
12	1	44	100
13	2	43	97.73
14	5	41	93.18
15	7	36	81.82
16	2	29	65.91
17	2	27	61.36
18	2	25	56.82
19	5	23	52.27
20	2	18	40.91
21	5	16	36.36
22	7	11	25
23	3	4	9.09
25	1	1	2.27
	Total de Muestras: 44		

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico-2: Cálculo del CBR de Diseño



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III
ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1. Generalidades

Los estudios de tráfico son unos de los estudios más importantes en la planificación y en el planeamiento de las carreteras. Estos estudios determinan las características principales de la circulación, así como la capacidad de un elemento viario y sus condicionantes, aunque en primer lugar hay que conocer los métodos de adquisición de la información necesaria.

Los pavimentos se diseñan en función del efecto de daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un número de cargas aplicadas durante su vida útil.

3.2. Estudios de Campo

3.2.1. Volumen y Clasificación

Los datos de Tráfico Promedio Diario Anual, así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, serán obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete.

La estación de Conteo Vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, de manera que permitiesen captar el tráfico en ambos sentidos de la vía.

La ubicación de la estación donde se realizó este conteo de tráfico es presentada en la tabla siguiente:

Tabla-8: Ubicación de la Estación de Conteo

Tramo: San Rafael del Norte – Centro Turístico La Brellera		
Estación	**Ubicación**	**Días de 12 Horas de CVT**
Nº 1	A 1.0 km. de la salida de San Rafael del Norte, hacia San Sebastián de Yalí (carretera NIC. - 3)	Vi, Sa, Do, Lu y Ma.

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó cinco días de conteo y clasificación vehicular, que se localizarán sobre el camino en estudio, comenzando la actividad a partir del día viernes de la semana y concluyendo, esta actividad el día martes de la semana siguiente, realizando el conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas continuas entre las 06:00 horas y las 18:00 horas durante los cinco días.

3.2.2. Procedimiento de Campo

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularan en ambas direcciones de la estación de conteo y clasificación vehicular.

Los conteos se realizaron durante 12:00 horas continuas entre las 06:00 y las 18:00 horas, para la obtención así de la Variación Horaria de cada día.

3.3. Resultados del Conteo Vehicular

3.3.1. Cálculo del Tráfico Promedio Diurno

Se define el volumen de Tránsito Promedio Diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período.

Los resultados del conteo vehicular, han obtenido el TPDi de 12 horas de los cinco días de conteo y clasificación vehicular de la Estación N°1 (San Rafael del Norte). **En el Anexo B –Tabla 9 (Página 59),** se presenta el resultado del Tráfico Promedio Diurno (TPDi).

3.3.2. Expansión a 24.0 horas

Debido a que los conteos se realizaron durante horas diurnas, de 06:00 horas a 18:00 horas es necesario expandir los resultados obtenidos del Tráfico Promedio Diurno de 12 horas a Tráfico Promedio Diario de 24.0 horas, este se realizó multiplicando la cantidad de vehículos del TPDi por el factor día de la Estación Nº

305 (San Rafael del Norte - San Sebastián de Yalí). Así mismo, debido a que la investigación de campo se realizó durante cinco días, se hizo uso de los Factores de expansión semana.

También se usaron factores de expansión temporada de la Estación Sumaria de Conteos Volumétricos de Tráfico Nº 305 del Sistema de Administración de Pavimento (PMS) del MTI, localizada en el tramo (San Rafael del Norte - San Sebastián de Yalí) del año 2010.

Tabla-10: Factores de la Estación Nº 305 (San Rafael del Norte - San Sebastián de Yalí).

		Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			
Día	Moto	Autos	Jeep	Camionetas PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	TxSx>=5e
Factor Día	1.26	1.48	1.31	1.28	1.33	1.15	1.19	1.25	1.3	1.18	1.58
Factor Semana	0.96	1.06	1.07	1.06	0.93	0.98	1.01	0.94	0.87	0.93	1
Factor Expansión	1.18	0.98	1.09	1.04	1.04	0.82	0.97	0.97	0.98	0.76	1

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2010, Ministerio de Transporte e Infraestructura – DAV.

En Anexo B –Tabla 11 (Página 60), se muestran los Resultados del Conteo y Clasificación por Día (24.0 horas).

En Anexo B –Tabla 12 (Página 60), se presenta el resultado del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

3.4. Determinación de Tasas

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro en el tramo San Rafael del Norte – Centro Turístico La Brellera, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del Tránsito Promedio Diario Anual "TPDA" y el Producto Interno Bruto "PIB", así como con la población, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos.

Análisis del PIB: Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB de los últimos 10 años, donde se aprecia el comportamiento histórico del PIB, desde el año 2001 al año 2010. El PIB promedio del 2001 al 2010 es de **5150.62** Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de **5.34%.**

Tabla-13: Datos Históricos PIB

Año	PIB(millones Us$)	Crecimiento (%)
2001	4102.4	4.17%
2002	4026	-1.86%
2003	4101.5	1.88%
2004	4464.7	8.86%
2005	4872	9.12%
2006	5230	7.35%
2007	5662	8.26%
2008	6372.3	12.55%
2009	6123.8	-3.90%
2010	6551.5	6.98%
PIB Promedio (2001-2010)		5150.62
Tasa Crecimiento Promedio		5.34%

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos.

3.4.1. Tasas de Crecimiento

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio.

Para el tramo San Rafael del Norte –Centro Turístico La Brellera, se ha tomado los datos históricos del tránsito promedio diario anual "TPDA" de la Estación 107: Sébaco - Emp. San Isidro.

Luego se procedió a utilizar una tasa de crecimiento vehicular de: **TC = 4.20%**, (Como se muestra en la **Tabla-14**), obtenida de los datos históricos del TPDA de

la Estación 107 (Estación más cercana) y de las correlaciones del TPDA, PIB y Población de la zona.

Tabla-14: Datos Históricos TPDA

Año	TPDA	Crecimiento (%)
2001	3122	7.47%
2002	3272	4.80%
2003	3357	2.60%
2004	3622	7.89%
2005	3405	-5.99%
2006	3849	13.04%
2007	3853	0.10%
2008	4088	6.10%
2009	4101	0.32%
2010	4334	5.68%
Tasa Crecimiento Promedio		4.20%

Fuente: Elaboración Propia.

3.5. Proyecciones de Tráfico

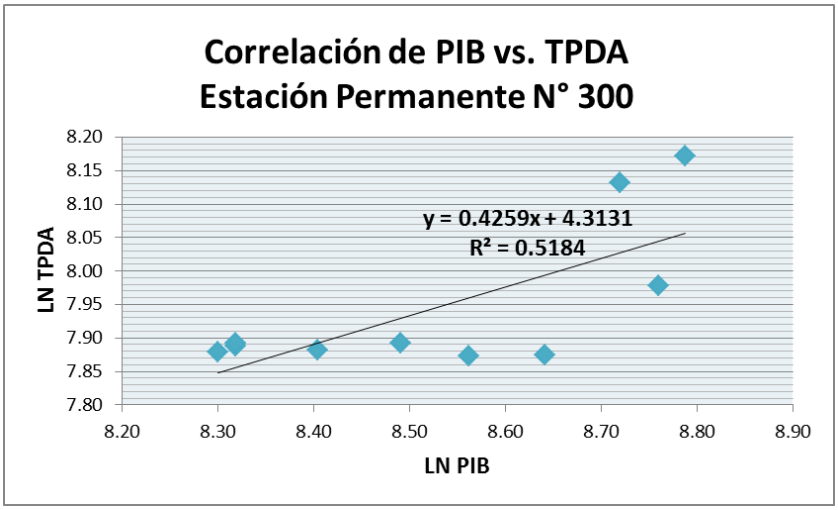
La correlación entre el TPDA de la Estación Nº 300 (Sébaco - Quebrada Honda) y el PIB, cuyo R^2 es igual a 0.5184, tal como se muestra en la gráfica siguiente, indica que no existe buena correlación entre las variables, por lo que no puede ser utilizada, el cuadro presentado a continuación contiene los datos de la gráfica.

Tabla-15: Correlación PIB Vs. TPDA (Estación Nº 300: Sébaco - Quebrada Honda)

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB (M - US$)	4,102.4	4,026.0	4,101.5	4,464.7	4,872.0	5,230.3	5,662.0	6,372.3	6,123.8	6551.5
TPDA Estación Nº 3000 (vpd)	2,664.0	2,642.0	2,678.0	2,649.0	2,677.0	2,627.0	2,629.0	2,917.0	3,403.0	3,538.0
LN PIB	8.32	8.30	8.32	8.40	8.49	8.56	8.64	8.76	8.72	8.79
LN TPDA	7.89	7.88	7.89	7.88	7.89	7.87	7.87	7.98	8.13	8.17

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico-3



Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta que el factor de determinación (R^2) es menor que 0.75, es decir, no cumple, trabajaremos con la Estación Permanente N° 107, por ser la más cercana.

3.5.1 Variables Estudiadas

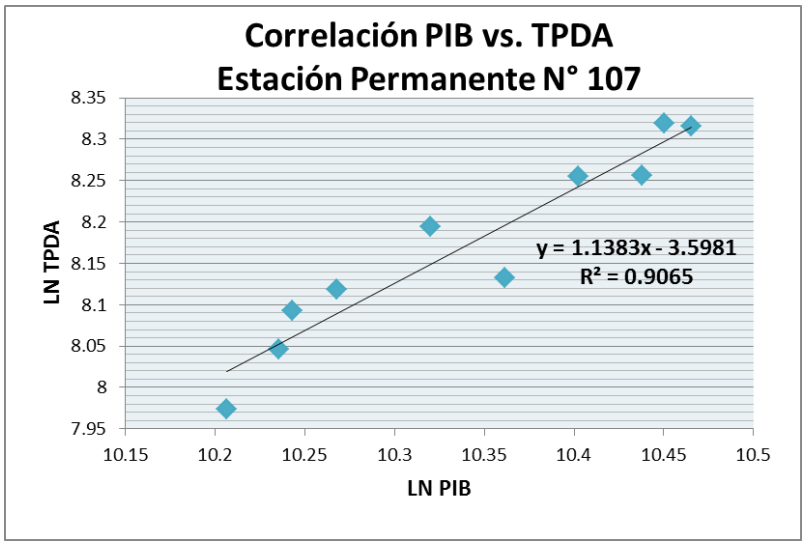
El cuadro siguiente (cuadro 16), presenta el comportamiento del Producto Interno Bruto – PIB, en el período 2001 – 2010 y la representación gráfica (Gráfico 4) con la ecuación de correlación del PIB con el TPDA de la Estación Permanente Nº 107: Sébaco - Emp. San Isidro.

Tabla-16: Correlación PIB Vs. TPDA (Estación Nº 107: Sébaco - Emp. San Isidro)

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB (M - C$)	4,102.4	4,026.0	4,101.5	4,464.7	4,872.0	5,230.3	5,662.0	6,372.3	6,123.8	6,551.5
TPDA Estación Nº 107 (vpd)	3122.0	3272.0	3357.0	3622.0	3405.0	3849.0	3853.0	4088.0	4101.0	4334.0
LN PIB	8.32	8.30	8.32	8.40	8.49	8.56	8.64	8.76	8.72	8.79
LN TPDA	8.05	8.09	8.12	8.19	8.13	8.26	8.26	8.32	8.32	8.37

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico-4



Fuente: Elaboración Propia.

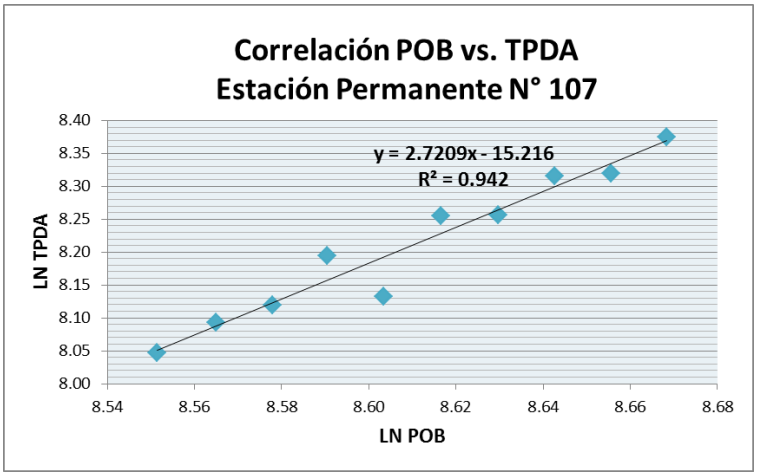
La correlación de las variables genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.9065, lo cual nos permite hacer uso de éstas, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos de transportes que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

Tabla-17: Correlación POB Vs. TPDA (Estación Nº 107: Sébaco - Emp. San Isidro)

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Población (Miles)	5,173.90	5,244.70	5,312.70	5,380.50	5,450.30	5,522.60	5,595.50	5,668.90	5,742.30	5,815.50
TPDA (vpd)	3122	3272	3357	3622	3405	3849	3853	4088	4101	4334
LN POB	8.55	8.56	8.58	8.59	8.60	8.62	8.63	8.64	8.66	8.67
LN TPDA	8.05	8.09	8.12	8.19	8.13	8.26	8.26	8.32	8.32	8.37

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico-5



Fuente: Elaboración Propia.

La correlación de las variables genera un R^2 igual a 0.942, lo cual nos permite hacer uso de éstas, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de pesados de pasajeros, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos (laborales, compras, estudios, recreativos y de otras índoles).

El cuadro siguiente, presenta las consideraciones de correlación entre el PIB, la Población y el IPC, para la obtención de la elasticidad entre el IPC, POB, y TPDA, la que multiplicada por PIB, dará como resultado el factor de crecimiento de los vehículos de pasajeros.

Tabla-18: Factor de Correlación (Variables Población e IPC con el TPDA)

Tasas Medias	
Tasa PIB	1.0534
Tasa POB	1.0167
Tasa IPC	1.0361
Tasa TPDA	3.71186532
Tasa POB	1.6703438
Diferencia	2.04
Tasa IPC	3.61
Elasticidad	0.57

Fuente: Cálculos del Estudio de Tráfico.

Las Tasas de proyección del tráfico normal para los diferentes tipos de vehículos, se presentan en los Cuadros siguientes.

Tabla-19: Tasas de Proyección de los Vehículos de Carga

Factores de Crecimiento del TPDA Normal			
Vehículos de Carga			
Año	Tasa de Crecimiento Anual del PIB	Elasticidad PIB - TPDA	Factores de Crecimiento Anual
2011 - 2012	5.40	1.138	6.15
2013 - 2017	5.50	1.138	6.26
2018 - 2022	6.00	1.138	6.83
2023 - 2027	6.50	1.138	7.40

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla-20: Tasas de Proyección de los Vehículos de Livianos de Pasajeros

Factores de Crecimiento del TPDA Normal			
Vehículos Livianos de Pasajeros			
Año	Tasa de Crecimiento Anual del PIB	Elasticidad IPC - TPDA	Factores de Crecimiento Anual
2011 - 2012	5.40	1.71	9.2
2013 - 2017	5.50	1.71	9.4
2018 - 2022	6.00	1.71	10.3
2023 - 2027	6.50	1.71	11.1

Fuente: Resultados del Estudio de Tráfico.

Tabla-21: Tasas de Proyección de los Vehículos de Pesados de Pasajeros

Factores de Crecimiento del TPDA Normal			
Vehículos Pesados de Pasajeros			
Año	Tasa de Crecimiento Anual del PIB	Elasticidad POB - TPDA	Factores de Crecimiento Anual
2011 - 2012	5.40	1.324	7.15
2013 - 2017	5.50	1.324	7.28
2018 - 2022	6.00	1.324	7.94
2023 - 2027	6.50	1.324	8.61

Fuente: Resultados del Estudio de Tráfico.

3.5.2. Tráfico de Diseño

El Tránsito de Diseño es el número de vehículos estimados que circularán anualmente por esta vía en el año final del período de diseño, Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD). El cual se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y (fc). Se calcula haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$T_D = TPDA \times F_C \times F_D \times f_C \times 365$$

Dónde:

T_D**:** Tránsito de Diseño.

$TPDA$: Tránsito Promedio Diario.

F_C: Factor Crecimiento.

F_D: Factor de Distribución.

f_C: Factor Carril.

Factor de Crecimiento (FC): Este se obtiene a partir del período de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Fc = \frac{[(1+i)^n - 1]}{i}$$

$$Fc = \frac{[(1+0.0420)^{15} - 1]}{0.0420} = 20.32$$

Fc: Factor de Crecimiento.

n: Período en años.

i: Tasa de crecimiento vehicular.

3.5.3. Período de Diseño (PD)

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo a las características geométricas de la vía y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos 15 años para el período de diseño, considerando que la clasificación de la vía corresponde a colectora Rural. **(Ver Tabla N° 22).**

Tabla-22: Período de Diseño

Períodos de diseño	
Tipo de carretera:	**Período de diseño:**
Autopistas Regionales	20 - 40 años
Troncales Suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	**10 - 20 años**
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras (SIECA).

3.5.4. Factor Distribución Por Dirección (FD)

Es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos aunque hay casos en que puede ser mayor en una dirección que en otra. En este caso te trabajo con un factor direccional de 50%.

Tabla-23: Factor de Distribución por Dirección

Número de carriles en ambas direcciones	Factor direccional (%)
2	**50**
4	45
6 ó mas	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras (SIECA).

3.5.5. Factor Distribución Por Carril (fc)

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). En este caso el factor de distribución por carril a usarse es 1.

Tabla-24: Factor de Distribución Carril

Número de carriles en una sola dirección	Factor de distribución por carril
1	**1.00**
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras (SIECA).

3.5.6 El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor que recomienda la AASTHO para pavimentos flexibles es Po = 4.2.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento Semiflexible del tramo de carretera San Rafael del Norte – Centro Turístico la Brellera se trabajó con un valor igual a:

Po = 4.2

3.5.7. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt)

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

Según el manual SIECA[1] para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de pt = 1.8 - 2.0. Además considerando que la AASHTO recomienda Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor. En el Diseño de la Estructura de Pavimento Semiflexible del tramo de carretera San Rafael del Norte – Centro Turístico la Brellera se trabajó con un valor de **Pt = 2.0**.

3.5.8. Perdida de Serviciabilidad (ΔPSI)

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente ecuación:

ΔPSI = Po – Pt

[1] SIECA Capítulo 3 Pág. 4

En el Diseño de la Estructura de Pavimento Semiflexible del tramo de carretera se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

3.5.9. Número Estructural Asumido (SN)

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. El **SN** es utilizado para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño se considera un valor **SN= 5**.

3.5.10. Factor de Equivalencia (FESAL)

Conociendo la serviciabilidad final (Pt=2.0), el número estructural asumido (SN=5) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia **(FESAL ver Anexo C−Tabla 25 y 26, Página 61 y 63).** Tomando en cuenta que algunos valores de las cargas por ejes no se encuentran reflejados en las Tablas se procedió a Interpolar dichos valores (ver Anexo C-página 62).

3.5.11. Ejes Equivalentes (ESAL o W18):

Este se obtiene conociendo El Tránsito de Diseño (TD) y los factores de equivalencia (ESAL). Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$ESAL\ o\ W18 = TD * FESAL$$

El Tráfico pesado es el que mayor daño produce a la estructura de pavimento por lo que deberá de estimarse con la mayor precisión posible. En base a los datos

anteriormente definidos se realizó la determinación de los Ejes equivalente (ESAL), para cada eje y tipo de vehículos aplicando la siguiente ecuación:

$$T_D = TPDA \times F_C \times F_D \times f_C \times 365$$

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla-27: Tránsito de Diseño

Tipo Vehículo	Tránsito Actual (2012)	FC	Factor Por Carril (FC)	Factor De Dirrección	Tránsito Para El Carril De Diseño
Autos	6	20.32	0.5	1	22254.55
Jeep	9	20.32	0.5	1	33381.82
Camionetas	80	20.32	0.5	1	296727.27
McBus <15pas	1	20.32	0.5	1	3709.09
McBus15-30s	1	20.32	0.5	1	3709.09
Bus	16	20.32	0.5	1	59345.45
C2 Liv.2-5ton	9	20.32	0.5	1	33381.82
C2	11	20.32	0.5	1	40800.00
C3	1	20.32	0.5	1	3709.09
Tx-Sx >=5e	1	20.32	0.5	1	3709.09
Total TPDA	135			TOTAL	500727.27

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla-28: Cálculo ESAL´S del Carril de Diseño

Estructura y Carga de Vehículo por Tipo de Eje								
TIPO DE VEHÍCULO	PESO X EJE (Ton. Metricas)	PESO POR EJE (Kips)	TIPO DE EJE	To 2012	TD	TD corregido	Factor ESAL	ESAL de Diseño
Autos	1.00	2.2	simple	6	22254.55	22255.00	0.00038	8.46
	1.00	2.2	simple				0.00038	8.46
Jeep	1.00	2.2	simple	9	33381.82	33382.00	0.00038	12.69
	1.00	2.2	simple				0.00038	12.69
Camionetas	1.00	2.2	simple	80	296727.27	296728.00	0.00038	112.76
	2.00	4.4	simple				0.0034	1008.88
McBus <15 pas.	2.00	4.4	simple	1	3709.09	3710.00	0.0034	12.61
	4.00	8.8	simple				0.0502	186.24
MnBus 15-30 s.	4.00	8.8	simple	1	3709.09	3710.00	0.0502	186.24
	8.00	17.6	simple				0.9206	3415.43
Bus	5.00	11.0	simple	16	59345.45	59346.00	0.1265	7507.27
	10.00	22.0	simple				2.35	139463.10
C2 Liv. 2.5 Ton	4.00	8.8	simple	9	33381.82	33382.00	0.0502	1675.78
	8.00	17.6	simple				0.9206	30731.47
C2 5 + Ton	5.00	11.0	simple	11	40800.00	40800.00	0.1265	5161.20
	10.00	22.0	simple				2.35	95880.00
C3	5.00	11.0	simple	1	3709.09	3710.00	0.1265	469.32
	16.00	35.2	doble				1.26	4674.60
T3S2	5.00	11.0	simple	1	3709.09	3710.00	0.1265	469.32
	16.00	35.2	doble				1.26	4674.60
	16.00	35.2	doble				1.26	4674.60
							TOTAL DE ESAL DE DISEÑO	300345.68
							W18	300345.68

Fuente: Elaboración Propia.

Para el diseño de la carretera San Rafael del Norte - Centro Turístico la Brellera se obtuvo un total de Esal de Diseño

$$W_{18} = 300,345.68$$

CAPÍTULO IV
DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1. Generalidades

El método de Diseño utilizado fue la Guía de Diseño de Espesores de pavimento de la AASHTO 1993. Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos introduce el concepto de Servicialidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO, y criterios de diseño ajustados a la Buena Práctica en Ingeniería (BPI).

El método toma en cuenta el Estudio Geotécnico, el cual tiene la finalidad de proporcionar los insumos necesarios, como conocer las características físico-mecánicas del sub-suelo a lo largo de la ruta, efectuar ensayos de laboratorio (Granulometría, Límites de Atterberg y CBR) y análisis de la información obtenida. Además, toma en cuenta el tráfico, el clima y drenaje en el área del Proyecto. También se incluyó la determinación de las características de Bancos de Materiales, necesarios para la construcción del Proyecto.

La exploración de campo se realizó por medio de sondeos manuales hechos cada 100 m, alternadas al centro, izquierda y derecha de la carretera.

Los resultados del trabajo de campo, métodos de ensayos de laboratorio, como la descripción de los suelos de línea y de Bancos de Materiales, se presentan en el Estudio de Suelos hecho para este Proyecto, complementario a este Informe de Diseño de Espesores de Pavimento.

4.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93:

4.2.1. Confiabilidad(R)

Es un factor de seguridad que se emplea en el diseño de un pavimento, depende de diversos factores, entre ellos la calidad del estudio de tránsito realizado, la calidad de los materiales, calidad de los estudios de muestreos de suelos y calidad del trabajo de construcción, lo que nos guiará a clasificar de manera funcional la carretera y a la vez el nivel de confiabilidad que presentará esta vía.

El nivel de confiabilidad se obtiene de seleccionar el tipo de camino como colectora y ubicada en zona rural, el cual se encuentra en un rango entre 75 - 95%. En este caso se tomará una confiabilidad de **85%.**

Tabla-31: Niveles de Confiabilidad

Tipo de camino	Nivel de confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	**Zona Rural**
Rutas interestatales y autopistas	85-99.99	80-99.99
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	**75-95**
Locales	50-80	50-80

Fuente: Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA.

4.2.2. Desviación Estándar (So)

Este parámetro está directamente ligado al nivel de confiabilidad elegido para la vía. Corresponde a la función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

Los valores varían dependiendo del tipo de pavimento que se construya, el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos[2], recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos mostrados en la **Tabla-32** .Para el diseño, se tomó una desviación estándar, **So = 0.45**

Tabla-32: Desviación Estándar

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.35 – 0.40
En sobre-capas	0.50

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

[2] Capítulo 7, página 5

4.2.3. Coeficiente de Drenaje (m)

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante a considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

La calidad del drenaje está expresado en la fórmula del número estructural como (mi), éste coeficiente depende de la capacidad que tiene el material para drenar el agua y del tiempo que pasa expuesto a la saturación.

En este caso se considera un "m unitario" dado que se asume excelente capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento.

Tabla-33: Valores de m_i Recomendados

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo al cual está expuesta la estructura del pavimento a niveles de humedad próxima a la saturación			
	Menor del 1%	1-5%	5-25%	Mayor del 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 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

4.2.4. Cálculo del CBR de diseño

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño del tramo San Rafael de Norte – Centro turístico la Brellera, es de 15.4%. Este se obtuvo con un percentil de 75%.

4.2.5. Módulo de Resilencia (MR)

La base para la caracterización de los materiales de sub-rasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR.

Por medio del CBR promedio, se escogieron los valores de CBR al 95% de la Densidad Máxima Seca (DMS) del Proctor Modificado (AASHTO T-180). En nuestro caso el CBR calculado por medio del percentil 75 fue de 15.4%.

Tomando en cuenta el valor del CBR, utilizaremos la siguiente ecuación para calcular el Módulo de Resilencia de la Sub-rasante:

$$\boldsymbol{Mr = 4326 * Ln(CBR) + 241}$$

$$\boldsymbol{Mr = 4326 * Ln(15.4) + 241}$$

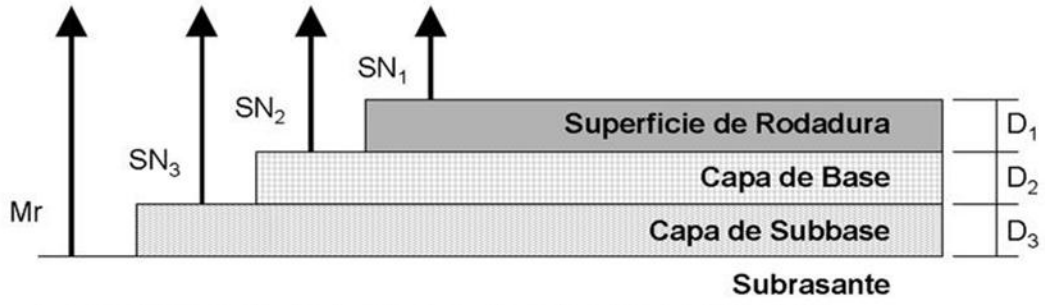
$$\boldsymbol{Mr = 12{,}069.8\ psi}$$

4.2.6. Coeficientes Estructurales

Es una medida de la habilidad relativa de una unidad de espesor de un material/mezcla determinado, para servir como un componente estructural de un pavimento. Los coeficientes estructurales (a_1) que son empleados en el Método AASHTO 93, los cuales utilizaremos en el diseño de la carretera San Rafael del Norte – Centro Turístico La Brellera son los siguientes:

Para nuestro Diseño utilizaremos un valor de $\boldsymbol{a_1 = 0.45}$ este coeficiente estructural de la capa de rodamiento (Adoquín) ya está definido.

El SN es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación dada de soporte del suelo (M_R), del tránsito total (W_{18}), de la servicialidad terminal, y de las condiciones ambientales.



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

Espesor

$$\boldsymbol{D_1 = 10cm \;\; D_1 = 4\,pulg}$$

$$\boldsymbol{SN_1 = a_1 \times D_1}$$

$$\boldsymbol{SN_1 = 0.45 \times 4 = 1.8}$$

Considerando que el valor del espesor del adoquín ya está dado, no se debe hacer corrección.

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía AASTHO (**Ver, Figura-1**).

Tomando como parámetro de entrada el valor del esfuerzo a la compresión del suelo estabilizado de 270 PSI, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor de $\boldsymbol{a_2 = 0.139}$

Figura-1: Nomograma para el cálculo del Coeficiente Estructural a_2 y MR para la Base estabilizada con suelo cemento.

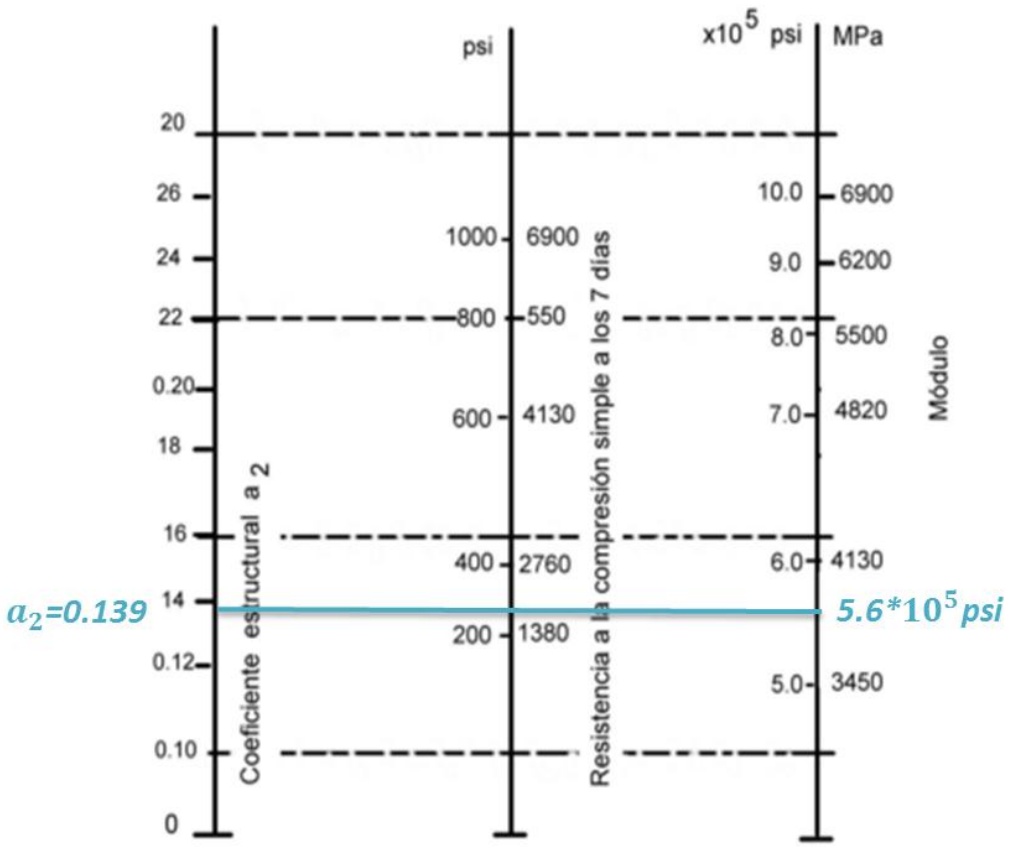


Figura 5.19. Relación entre el coeficiente estructural para base tratada con comento y distintos parámetros resistentes.

4.2.7. Número Estructural Requerido

El Número Estructural de cada Capa de la Estructura de Pavimento son empleados en el método de AASHTO 93, para la carpeta de rodamiento utilizaremos $\boldsymbol{SN_1 = 1.8}$

Figura-2: Cálculo del Número Estructural de diseño SN_{req} para la subrasante.

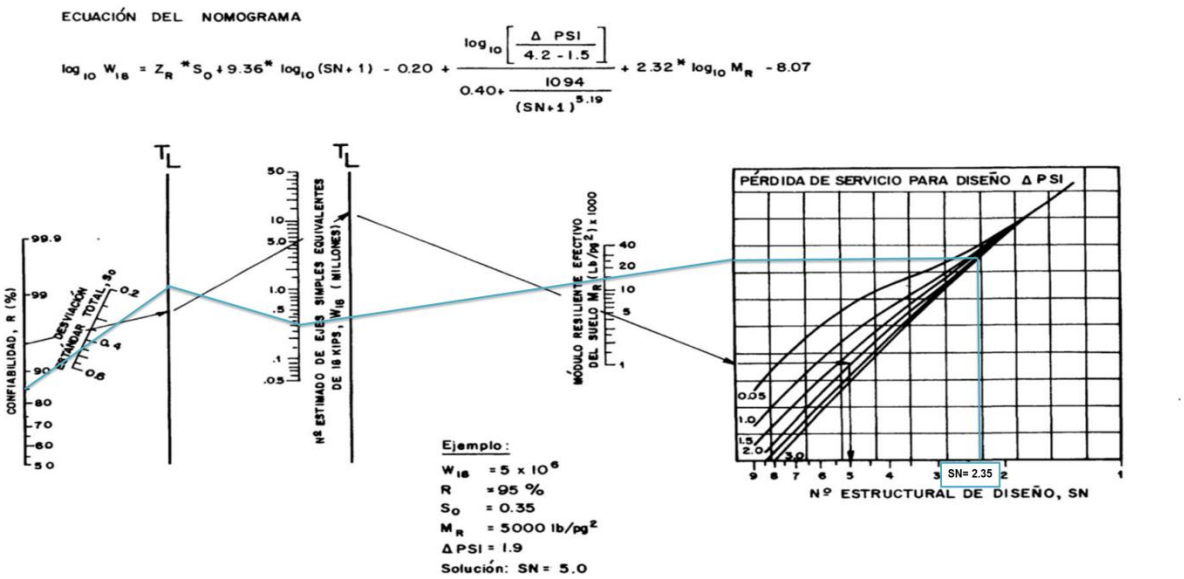


Figura 5.33 – Gráfica de diseño para pavimento flexible basada en valores promedio de los diferentes datos de entrada.

El número estructural requerido según el nomograma es $\boldsymbol{SN_{req} = 2.35}$

El cálculo del espesor $\boldsymbol{D_2}$ de la base mejorada con suelo cemento se calculó mediante el despeje de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{SN_{req} = a_1 * D_1 * m_1 + a_2 * D_2 * m_2}$$

$$\boldsymbol{D_2 = \frac{(SN - SN_1)}{a_2 \times m_2}}$$

$$\boldsymbol{D_2 = \frac{(2.35 - 1.8)}{0.139 \times 1} = 3.95 \text{ Pulg.}}$$

Para base estabilizada el espesor mínimo es de 4 pulgadas, en los cálculos da menor por ende se trabajara con el valor mínimo.

$$D^{*}=4\ pulg.$$

$$SN_2^{*} = a_2 * D_2 * m_2 = 0.139 * 4 * 1$$

$$SN_2^{*} = 0.556$$

$$SN_1^{*} + SN_2^{*} \geq SN$$

$$1.8 + 0.556 \geq 2.35$$

$$2.35 \geq 2.35\ Ok$$

Tabla-34: Espesores Mínimos de Concreto Asfáltico y Base Granular

Número de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 - 15,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,0000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements).

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la estructura de pavimento del tramo de carretera San Rafael del Norte – Centro Turístico la Brellera quedará conformado de la siguiente manera:

Capa	Material	Espesor	
		Pulgada (in)	Centímetro (cm)
Superficie de Rodamiento	Adoquín con f`c = 5000 psi	4	10
Arena		2	5
Base Granular		4	10
Espesor total de la Estructura		10	25

Fuente: Elaboración Propia.

Como alternativamente y a manera de verificación, se calculan los valores de los espesores de las capas de la estructura de pavimento empleando el programa **WinPAS**.

Los valores de los parámetros de entrada se muestran a continuación:

Grado de Confiabilidad ……..……...R=85%.

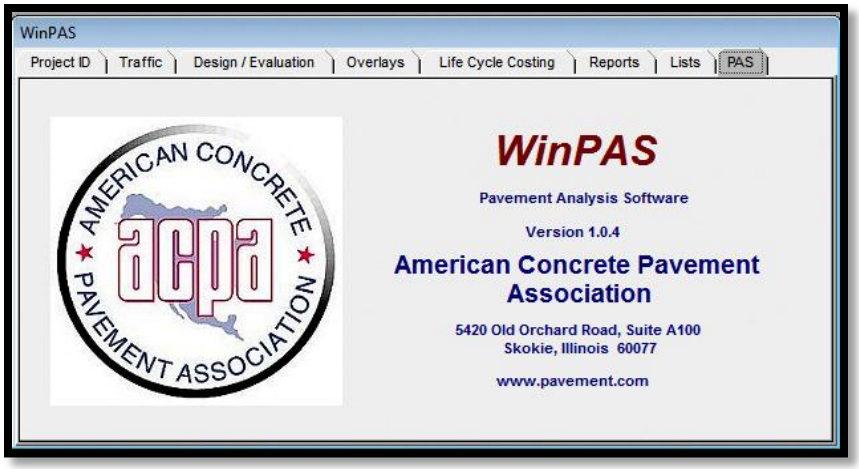
Desviación Estándar……So=0.45.

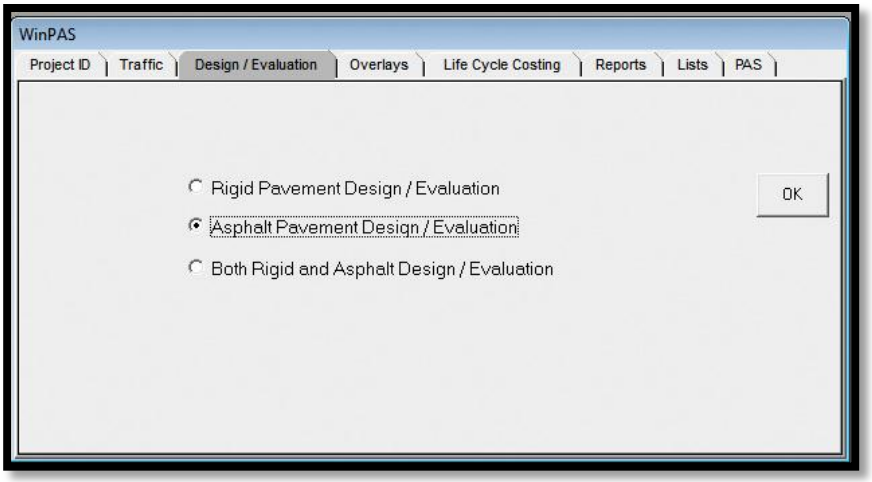
Capacidad de Servicio Inicial ……..……..……Po=4.2.

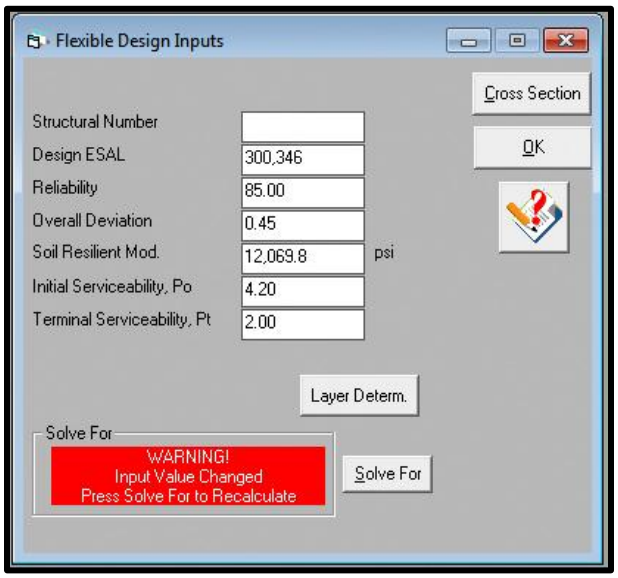
Capacidad de Servicio Final……Pt=2.0.

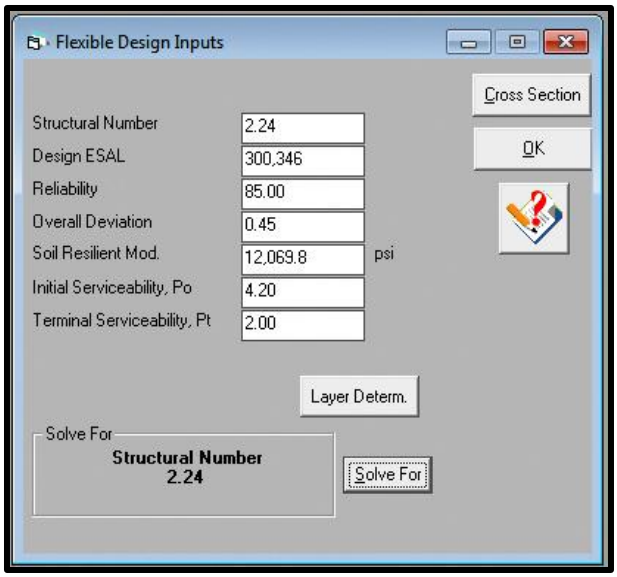
Número de Ejes Equivalentes……ESAL's o W18=300,345.68.

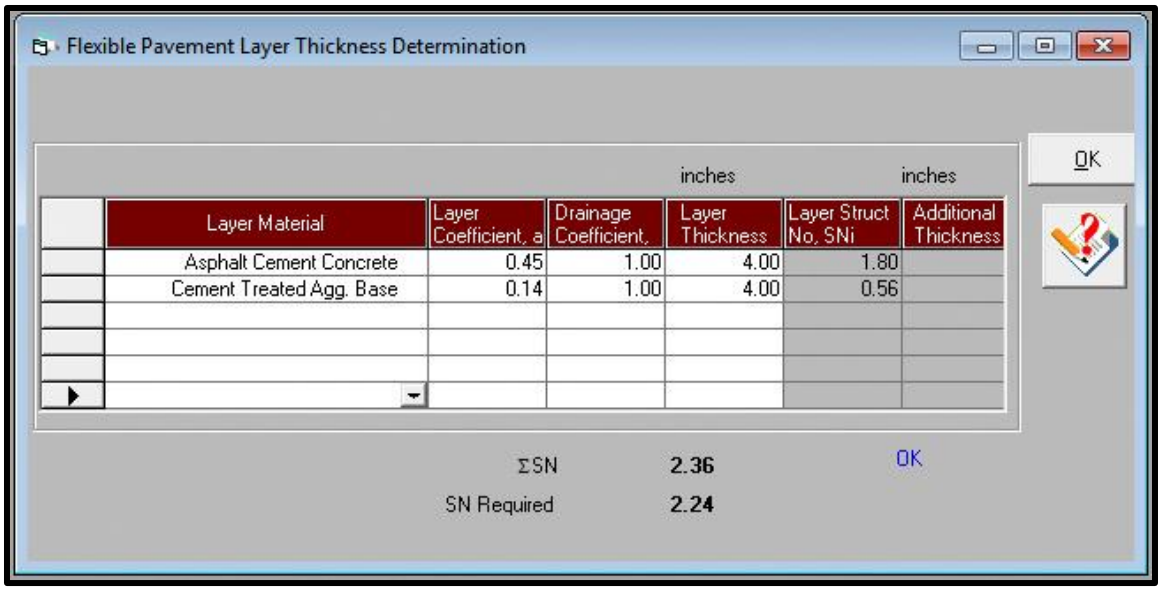
C.B.R. de Diseño……Sub Rasante= 15.4%.











***SN**calculado* (2.36) ≥ ***SN**requerido* (2.24) OK!!!**

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Después de haber analizado y estudiado la información obtenida para el desarrollo de este trabajo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

En el **Estudio de Suelo** se realizaron 44 sondeos en los cuales se determinó que superficialmente existe una capa de rodamiento de 11 a 20 cm de espesor, mayoritariamente compuesta de gravas limosa con arena y de arenas limosas con grava tipo A-2-4 (0), A-1-b (0) y A-1-a (0), estos corresponden a suelos de buena calidad para ser utilizados como material de sub base.

En el **Estudio de Tráfico,** a partir de Conteos vehiculares realizados por cinco días consecutivos en períodos de 12 horas se obtuvo un TPDA de 222 vehículo/día.

Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento del 4.20%, obtenida mediante las correlaciones del TDPA-PIB, TPDA-Población y utilizando las variables de las tasas de crecimiento históricas.

Se obtuvo un número de repeticiones esperadas de 300,345.68 ejes equivalentes por carril de diseño.

Diseño de pavimentos: En el tramo en estudio se obtuvo un ESAL´s de diseño de 300,345.68 y un CBR de diseño de 15.4%. Los coeficientes de capa obtenidos fueron los valores siguientes: Un $\mathbf{a_1 = 0.45}$ este coeficiente estructural ya está definido parala capa de rodamiento (Adoquín) y un $\mathbf{a_2 = 0.139}$ el que se obtuvo haciendo uso del nomograma para bases estabilizadas con suelo-cemento.

Los espesores resultantes fueron, de: 4" para la carpeta de rodamiento (En nuestro caso adoquín) y 4" para la base mejorada.

5.2. RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se encontraron diversos factores que nos llevan a que surjan cuestionamientos sobre mejorar la exactitud de los datos de campo y por lo que debemos considerar algunas recomendaciones en el análisis de las condiciones del sitio, así como verificar el cumplimiento de las normas establecidas para el diseño y la construcción del pavimento de la vía en estudio. A continuación se plantean algunas de estas recomendaciones:

- ✓ Se debe realizar aforos vehiculares de manera más periódica, esto con el propósito de obtener un mejor análisis del comportamiento del tránsito y así poder hacer una comparación con el número de cargas estimado en el diseño, para establecer medidas de control para el daño.

- ✓ Verificar que los adoquines y arena a emplearse cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia expuestas en las normas AASHTO y en el presente documento.

- ✓ Efectuar una debida supervisión durante el período de construcción, principalmente en la estabilización de los materiales y en el cumplimiento de los espesores de diseño de las capas estructurales.

5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ AASHTO, e. a. (93). *Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (5ta edición).* San Juan: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- ✓ Fonseca, A. M. (2011). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da.*
- ✓ Hoel, N. J. (2005). *Ingenería de Tránsito y carreteras.* Mexico: International Thomson Editores, S.A. de C.V.
- ✓ Infraestructura, M. d. (2000). *Espeificadiones Técnicas NIC 2000.* Managua: Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- ✓ Infraestructura, M. d. (2010). *Anuario de Trafico.* Managua: División de Administración Vial.
- ✓ (Iturbide, *Manual Centroamericano para Diseño de pavimentos, 2002*)
- ✓ SIECA. (2002). *Manual Centro Americano de Normas 2da.* Guatemala: Secretaria de la Integración Económica Centroamericana.
- ✓ SIMÓN, U. M. (2004). *Libro de pavimentos.* Argentina: UMSS – Facultad de Ciencias y Tecnología.
- ✓ Villalaz, C. (1976-1980). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones.* Monterrey - México: Limusa Noriega Editores.

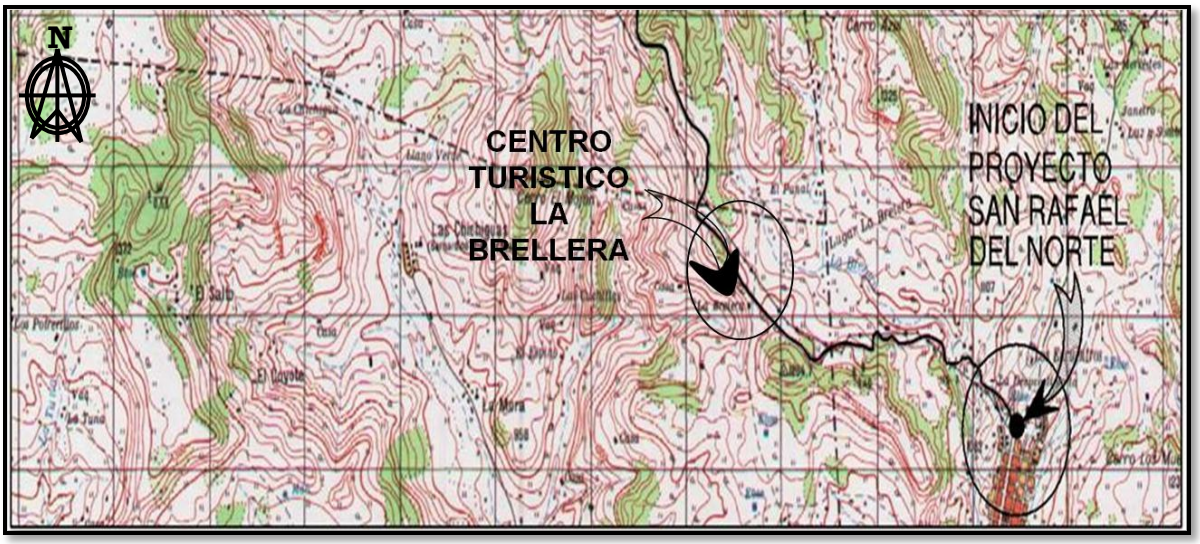
ANEXOS

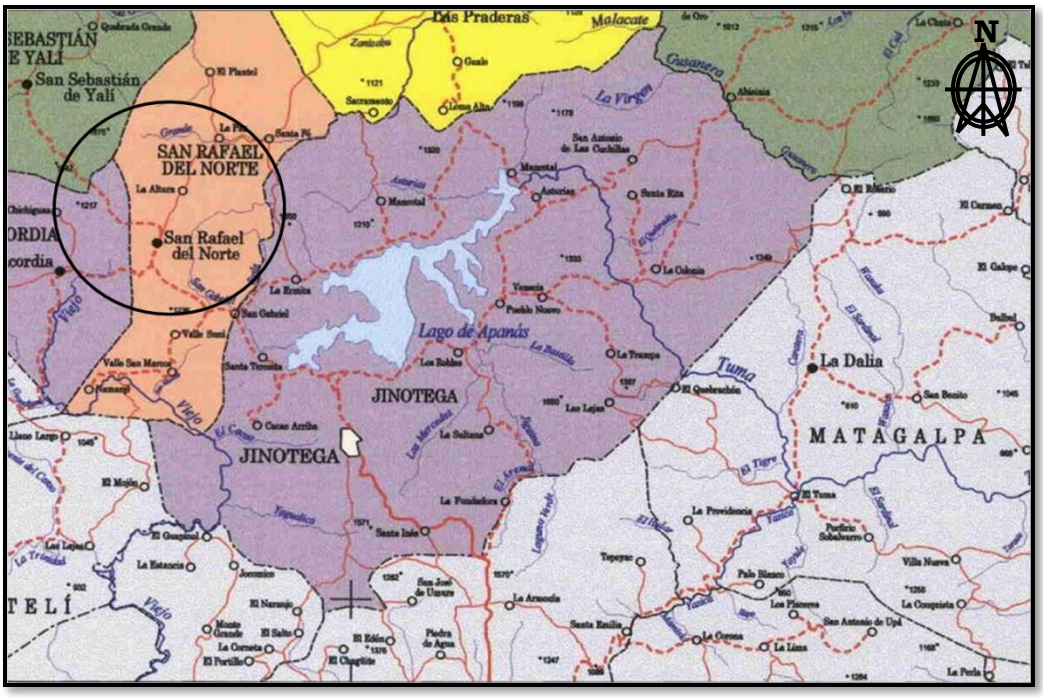
MACROLOCALIZACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Jinotega, iniciando en el municipio de San Rafael, el cual está ubicado entre las coordenadas 13°12´ de latitud Norte y 86° 06´de longitud Oeste.



MICROLOCALIZACIÓN





FOTOGRAFÍAS

✓ **Situación Actual del Camino**



Fotografía N° 1



Fotografía N° 2



Fotografía N° 3

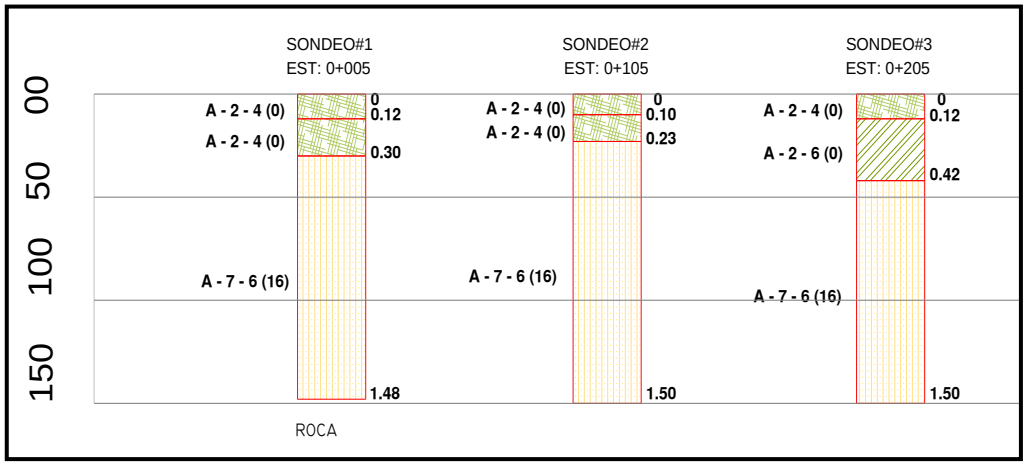
ANEXO A: ESTUDIO DE SUELO

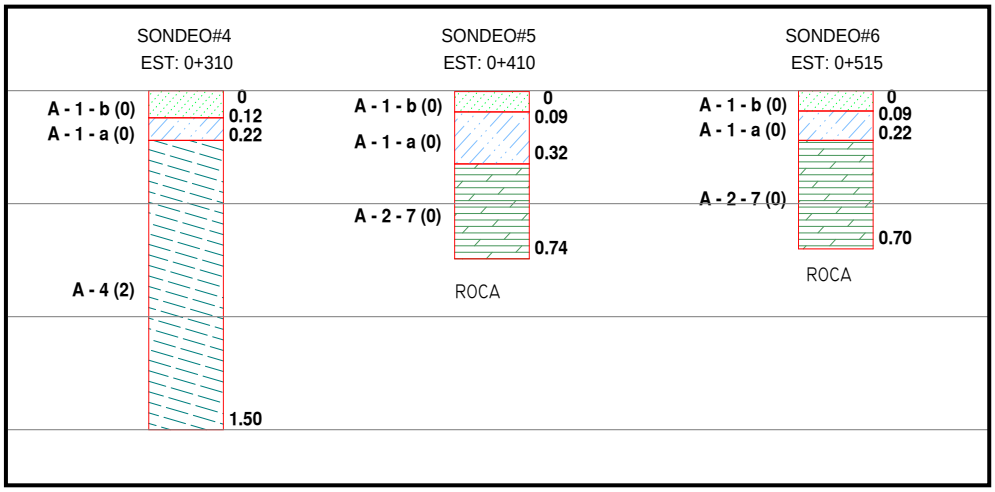
TABLA Nº 1 : Clasificación de Suelos según AASHTO

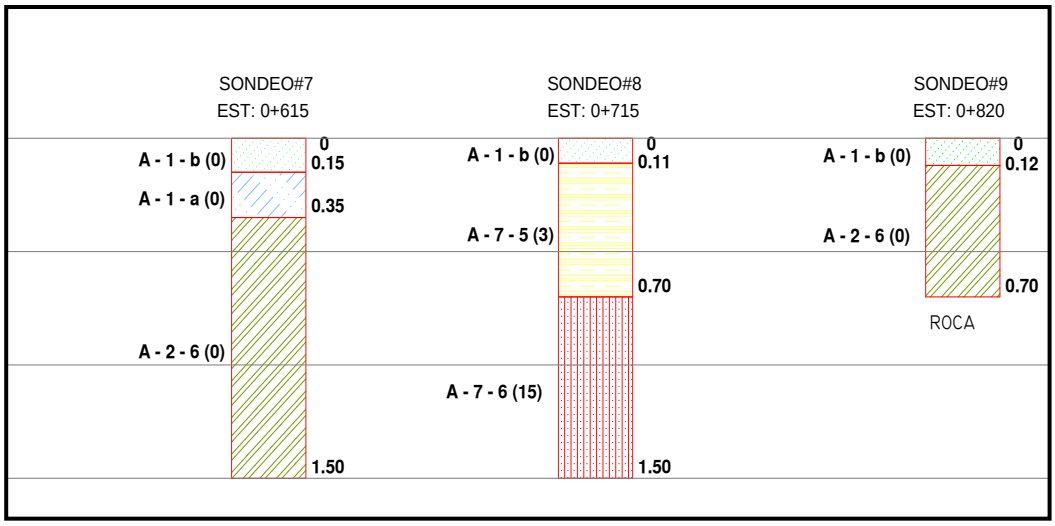
CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del35% que pasa el tamiz Nº 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					Regular a Deficiente					

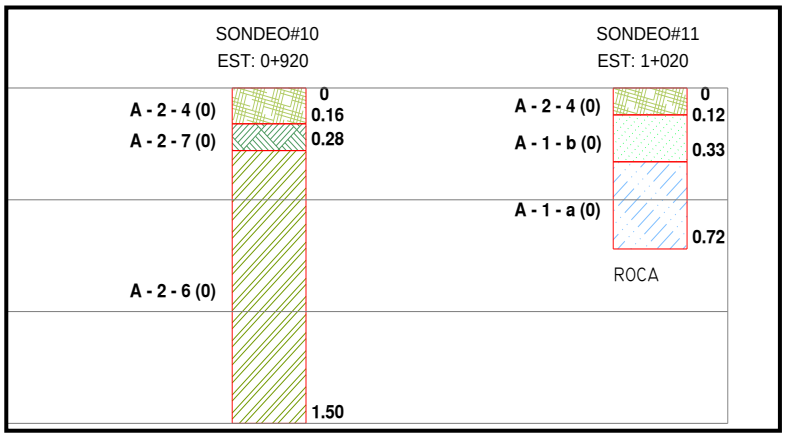
NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

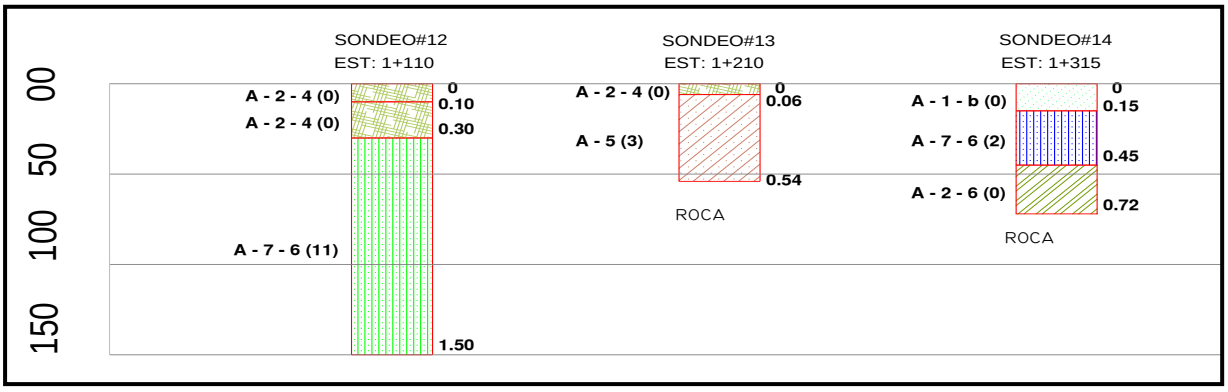
Gráfico 1. Estratigrafía de la Vía.

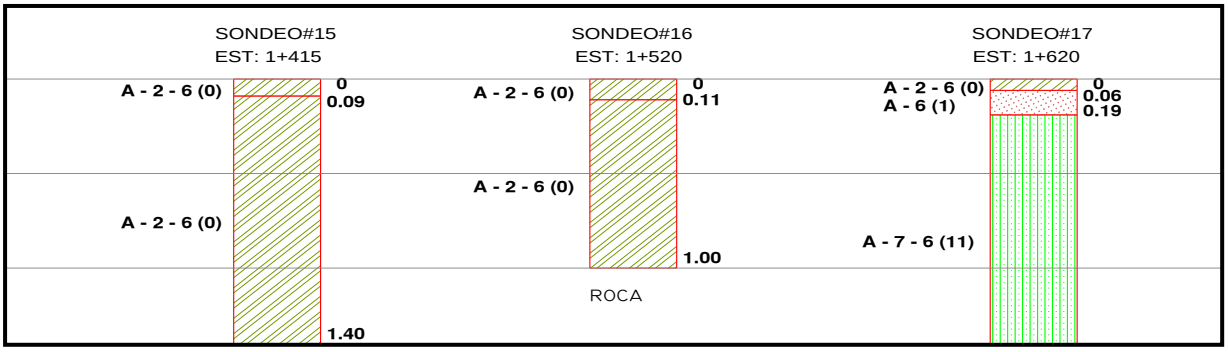


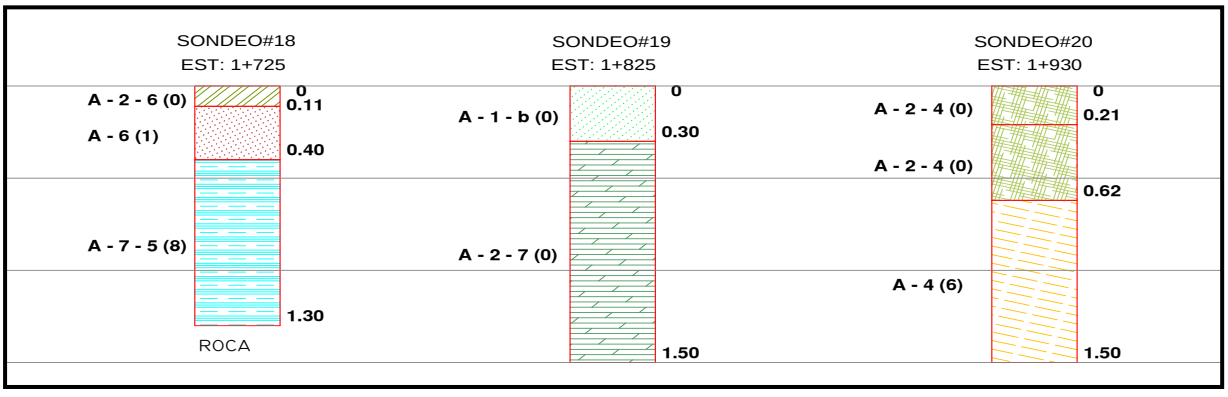


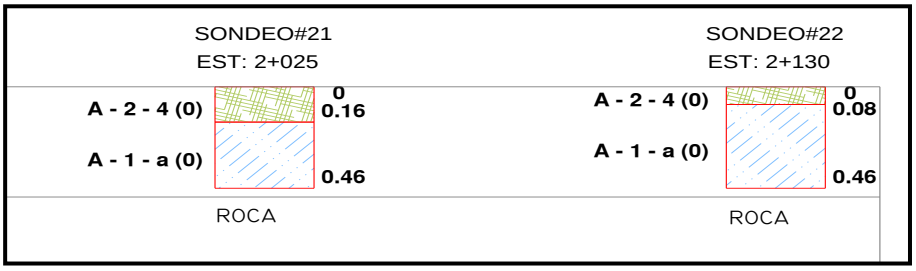


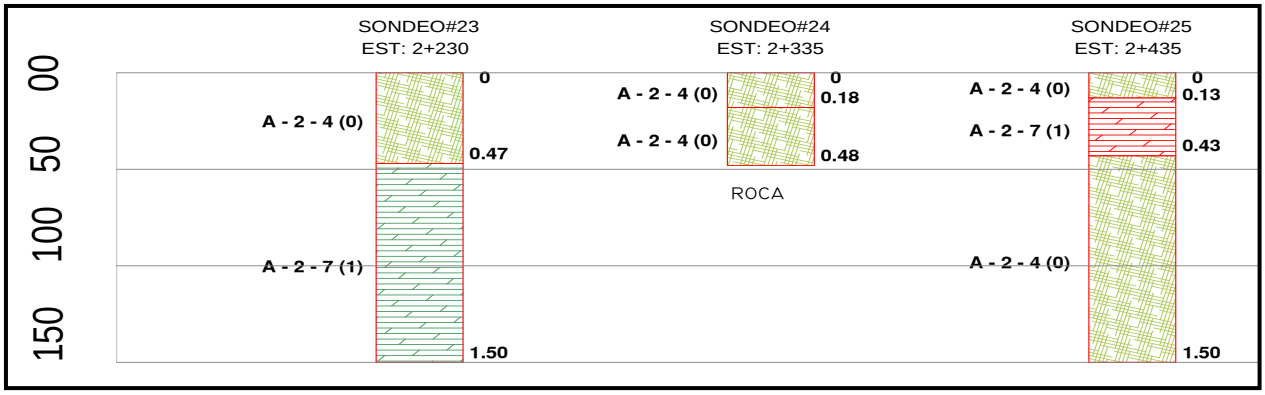

SONDEO#10
EST: 0+920
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (0)
A - 2 - 6 (0)
0
0.16
0.28
1.50
SONDEO#11
EST: 1+020
A - 2 - 4 (0)
A - 1 - b (0)
A - 1 - a (0)
ROCA
0
0.12
0.33
0.72

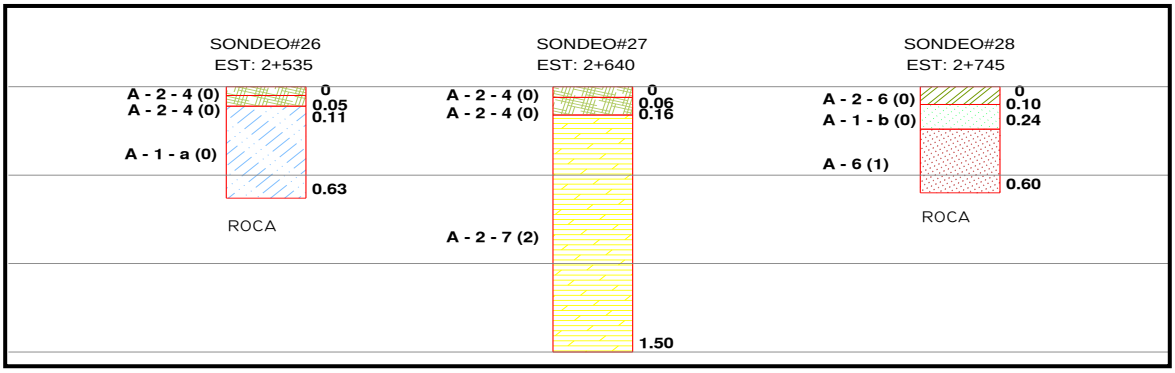

00
50
100
150
SONDEO#12
EST: 1+110
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 7 - 6 (11)
0
0.10
0.30
1.50
SONDEO#13
EST: 1+210
A - 2 - 4 (0)
A - 5 (3)
ROCA
0
0.06
0.54
SONDEO#14
EST: 1+315
A - 1 - b (0)
A - 7 - 6 (2)
A - 2 - 6 (0)
ROCA
0
0.15
0.45
0.72

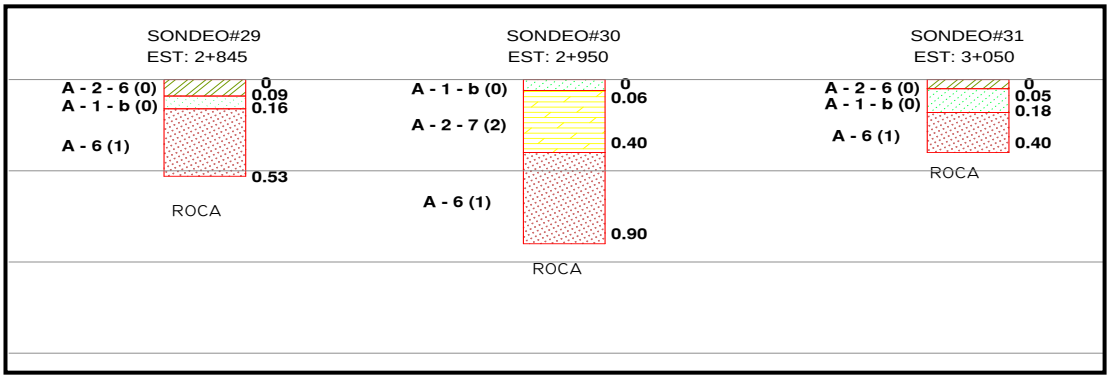

SONDEO#15
EST: 1+415
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
0
0.09
1.40
SONDEO#16
EST: 1+520
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
ROCA
0
0.11
1.00
SONDEO#17
EST: 1+620
A - 2 - 6 (0)
A - 6 (1)
A - 7 - 6 (11)
0
0.06
0.19

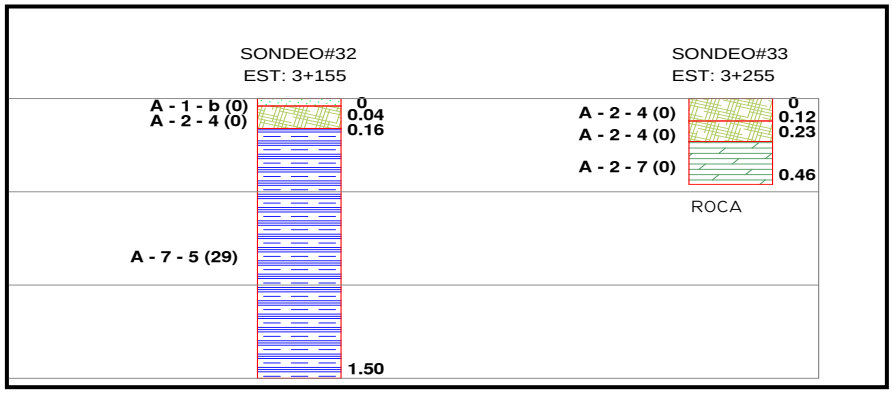

SONDEO#18
EST: 1+725
A - 2 - 6 (0)
A - 6 (1)
A - 7 - 5 (8)
ROCA
0
0.11
0.40
1.30
SONDEO#19
EST: 1+825
A - 1 - b (0)
A - 2 - 7 (0)
0
0.30
1.50
SONDEO#20
EST: 1+930
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 4 (6)
0
0.21
0.62
1.50

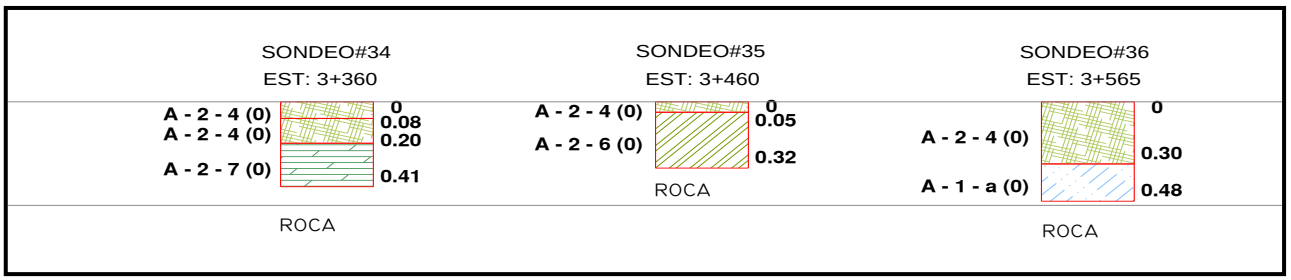

SONDEO#21
EST: 2+025
A - 2 - 4 (0)
A - 1 - a (0)
0
0.16
0.46
ROCA
SONDEO#22
EST: 2+130
A - 2 - 4 (0)
A - 1 - a (0)
0
0.08
0.46
ROCA

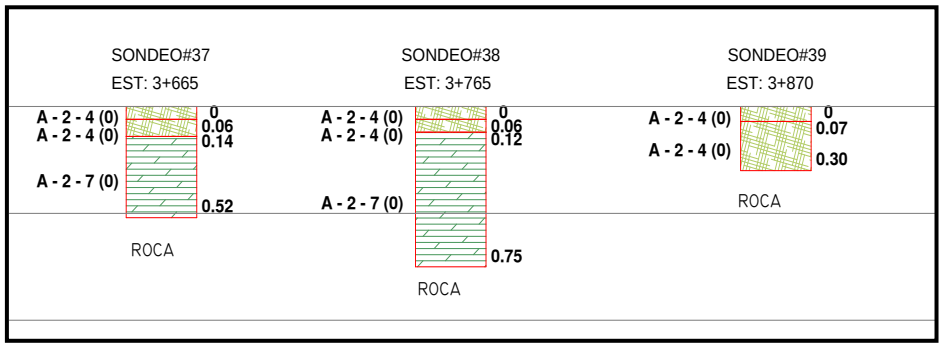

00
50
100
150
SONDEO#23
EST: 2+230
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (1)
0
0.47
1.50
SONDEO#24
EST: 2+335
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
0
0.18
0.48
ROCA
SONDEO#25
EST: 2+435
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (1)
A - 2 - 4 (0)
0
0.13
0.43
1.50


SONDEO#26
EST: 2+535
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 1 - a (0)
0
0.05
0.11
0.63
ROCA
SONDEO#27
EST: 2+640
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (2)
0
0.06
0.16
1.50
SONDEO#28
EST: 2+745
A - 2 - 6 (0)
A - 1 - b (0)
A - 6 (1)
0
0.10
0.24
0.60
ROCA


SONDEO#29
EST: 2+845
A - 2 - 6 (0)
A - 1 - b (0)
A - 6 (1)
0
0.09
0.16
0.53
ROCA
SONDEO#30
EST: 2+950
A - 1 - b (0)
A - 2 - 7 (2)
A - 6 (1)
0
0.06
0.40
0.90
ROCA
SONDEO#31
EST: 3+050
A - 2 - 6 (0)
A - 1 - b (0)
A - 6 (1)
0
0.05
0.18
0.40
ROCA


SONDEO#32
EST: 3+155
A - 1 - b (0)
A - 2 - 4 (0)
0
0.04
0.16
A - 7 - 5 (29)
1.50
SONDEO#33
EST: 3+255
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (0)
0
0.12
0.23
0.46
ROCA


SONDEO#34
EST: 3+360
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (0)
0
0.08
0.20
0.41
ROCA
SONDEO#35
EST: 3+460
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 6 (0)
0
0.05
0.32
ROCA
SONDEO#36
EST: 3+565
A - 2 - 4 (0)
A - 1 - a (0)
0
0.30
0.48
ROCA


SONDEO#37
EST: 3+665
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (0)
0
0.06
0.14
0.52
ROCA
SONDEO#38
EST: 3+765
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 7 (0)
0
0.06
0.12
0.75
ROCA
SONDEO#39
EST: 3+870
A - 2 - 4 (0)
A - 2 - 4 (0)
0
0.07
0.30
ROCA

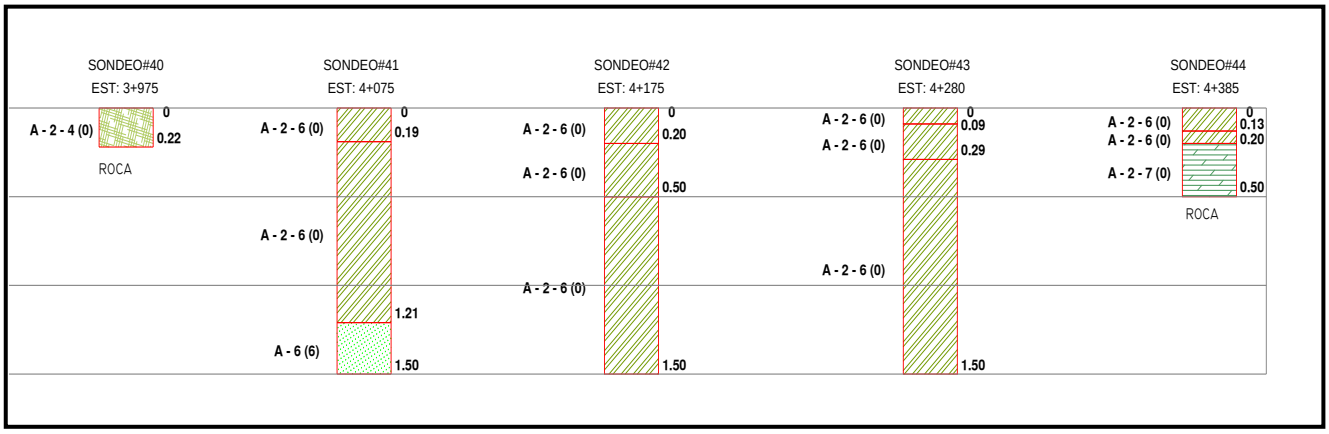

SONDEO#40
EST: 3+975
A - 2 - 4 (0)
0
0.22
ROCA
SONDEO#41
EST: 4+075
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
A - 6 (6)
0
0.19
1.21
1.50
SONDEO#42
EST: 4+175
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
0
0.20
0.50
1.50
SONDEO#43
EST: 4+280
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
0
0.09
0.29
1.50
SONDEO#44
EST: 4+385
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 6 (0)
A - 2 - 7 (0)
0
0.13
0.20
0.50
ROCA

Tabla- 2: Resultados de Ensayes de Laboratorio

Sondeo No.	Ubicacion	Profundidad de cm	Profundidad a cm	Muestra No.	Descripcion	% que pasa la malla No. # 200 0.075	# 40 0.425	# 10 2	# 4 4.7	3/8" 9.5	3/4" 19.1	1" 25	1/2" 38.1	2" 50.8	Limites de Atterberg LL (%)	LP (%)	IP (%)	Clasificacion AASHTO M-145 Grupo	IG	S.U.C.S	CBR 90.00	CBR 95.00	CBR 100
SM - 1	Est. 0+005	0.00	0.12	1	Grava limosa con arena y arenas limosas	26	46	66	77	89	95	97	100	100	29	19	10	A-2-4	0	GP	10	13	20
		0.12	0.3	2	con coloraciones café claro,gris y blanque	49	56	63	69	77	80	82	90	90	48	19	29	A-2-4	0	CL	12	14	22
		0.3	1.48	3	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro													A-7-6	16	CL	3	5	7
SM - 2	Est. 0+105	0.00	0.1	1														A-2-4	0		11	16	25
		0.1	0.23	2	grava fina con arena gruesa, arcillosa, gris	13	24	43	60	88	98	100	100	100	37	17	20	A-2-4	0	GW	8.05	9.9	19.12
		0.23	1.5	3	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro													A-7-6	16		3	5	7
SM - 3	Est. 0+205	0	0.12	1														A-2-4	0		13	18	26
		0.12	0.42	2	Arcilla arenosa, café oscuro	62	76	91	100	100	100	100	100	100	48	19	29	A-2-6	0	CL	9	15	28
		0.42	1.5	3	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro	64	76	87	94	99	99	100	100	100	55	20	35	A-7-6	16	CL	3	5	7
SM - 4	Est. 0+310	0	0.12	1	Grava fina con arena gruesa, limosa, café	25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	21	13	A-1-b	0	GW	14	14	28
		0.12	0.22	2	Limo con arena fina a gruesa, café claro	50	71	87	94	100	100	100	100	100	31	19	12	A-1-a	0	ML	18	22	30
		0.22	1.5	3	Arcilla con arena fina a gruesa, café oscur	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-4	2	CL	6	13	20
SM - 5	Est. 0+410	0	0.09	1	Grava fina con arena gruesa a fina, limosa	25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	31	3	A-1-b	0	GW	18	22	33
		0.09	0.32	2	Grava fina con arena gruesa a fina, limosa	25	41	56	63	77	84	85	87	89	35	20	15	A-1-a	0	GM	17.00	18	28.00
		0.32	0.74	3	Grava fina a a gruesa, arenosa, limosa, caf	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-2-7	0	GP	9	15	28
SM - 6	Est. 0+515	0	0.09	1	Grava fina a gruesa, arenosa, limosa, café	27	44	62	70	84	92	94	99	100	32	20	12	A-1-b	0	GW	16	21	19
		0.09	0.22	2	Grava fina a gruesa, arenosa, limosa, café	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-1-a	0	GP	8	12	24
		0.22	0.7	3	Arcilla con arena fina a gruesa, café oscur	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-2-7	0	CL	9	15	28
SM - 7	Est. 0+615	0.00	0.15	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	16	32	53	62	75	86	91	94	95	NP	NP	NP	A-1-b	0	GW	19	14	33
		0.15	0.35	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-1-a	0	GW	11	14	21
		0.35	1.5	3	Limo arcilloso con grava y arena, café	45	63	74	81	92	98	100	100	100	37	19	18	A-2-6	0	ML	10	23	34
SM - 8	Est. 0+715	0	0.11	1	Arena fina a gruesa, con grava. Limosa, bl	20	51	74	79	88	96	98	100	100	NP	NP	NP	A-1-b	0	GW	14	21	27
		0.11	0.7	2														A-7-5	3		3	5	7
		0.7	1.5	3														A-7-6	15		4	5	8
SM - 9	Est. 0+820	0.00	0.12	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	11	25	42	55	66	76	78	83	86	NP	NP	NP	A-1-b	0	GW	18	22	33
		0.12	0.7	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	18	37	59	70	83	98	93	97	100	NP	NP	NP	A-2-6	0	GW	10	23	34
SM - 10	Est. 0+920	0	0.16	1	Material contaminado con vegetacion	11	25	42	55	66	76	78	83	86	NP	NP	NP	A-2-4	0		18	15	28
		0.16	0.28	2	Grava fina con arena gruesa, arcillosa, gris	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-7	0	GW	9	15	28
		0.28	1.5	3														A-2-6	0		10	23	34
SM - 11	Est. 1+020	0	0.12	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-4	0	GW	17	21	29
		0.12	0.33	2	Limo arenoso con grava, café oscuro	48	75	80	84	88	92	94	98	100	30	26	4	A-1-b	0	ML	12	14	33
		0.33	0.72	3														A-1-a	0		18	23	28
SM - 12	Est. 1+110	0	0.1	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, vic	24	41	63	74	86	96	99	100	100	27	17	10	A-2-4	0	GP	11	15	27
		0.1	0.3	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-4	0	GW	18	22	34
		0.3	1.5	3														A-7-6	11		3	5	7
SM - 13	Est. 1+210	0	0.05	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	11	25	42	55	66	76	78	83	86	NP	NP	NP	A-2-4	0	GW	18	23	34
		0.05	0.54	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-5	3	GW	7	9	11
SM - 14	Est. 1+315	0	0.15	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, vic	24	41	63	74	86	96	99	100	100	27	17	10	A-1-b	0	GP	17	14	29
		0.15	0.45	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, caf	19	38	61	74	88	96	97	98	100	26	21	5	A-7-6	2	GW	3	5	7
		0.45	0.72	3	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	18	37	69	86	94	98	99	100	100	34	24	10	A-2-6	0	GP	10	23	34
SM - 15	Est. 1+415	0	0.09	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	23	45	81	88	97	100				27	17	NP	A-2-6	0	GW	9	15	28
		0.09	1.4	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	11	39	80	89	96	100				26	21	NP	A-2-6	0	GW	10	23	34
SM - 16	Est. 1+520	0	0.11	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, vic	26	35	49	58	76	89	92	96	100	29	NP	6	A-2-6	0	GP	9	15	28
		0.11	1	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	27	35	51	60	75	86	88	94	100	28	NP	7	A-2-6	0	GP	10	23	34
SM - 17	Est. 1 +620	0	0.06	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	22	36	79	100						NP	NP	NP	A-2-6	0	GW	10	22	33
		0.06	0.19	2	Suelos arcillosos	62	76	91	100	100	100	100	100	100	48	19	29	A-6	1		3	5	7
		0.19	1.5	3	Suelos arcillosos	64	76	87	94	99	99	100	100	100	55	20	35	A-7-6	11		4	6	9
SM - 18	Est. 1 +725	0.00	0.11	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	21	13	A-2-6	0	GW	10	15	34
		0.11	0.4	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	50	71	87	94	100	100	100	100	100	31	19	12	A-6	1	GW	3	5	7
		0.40	1.3	3		67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-7-5	8		3	5	7
SM - 19	Est. 1 +825	0.00	0.30	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, caf	25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	31	3	A-1-b	0	GW	18	14	34
		0.30	1.5	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	25	41	56	63	77	84	85	87	89	35	20	15	A-2-7	0	GP	9	15	28
SM - 20	Est. 1+930	0.00	0.21	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-2-4	0	GW	15	20	29
		0.21	0.82	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	27	44	62	70	84	92	94	99	100	32	20	12	A-2-4	0	GP	11	18	22
		0.82	1.5	3		16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-4	6		6	13	20
SM - 21	Est. 2+025	0.10	0.16	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-2-4	0	GW	18	18	33
		0.16	0.46	2		16	32	53	62	75	86	91	94	95	NP	NP	NP	A-1-a	0		16	21	34
SM - 22	Est. 2+130	0.00	0.08	1	Grava fina con arena gruesa, limosa, café	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-4	0	GM	18	17	30
		0.08	0.46	2	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro	45	63	74	81	92	98	100	100	100	37	19	18	A-1-a	0	SC	11	14	21

SM - 23	Est . 2+230	0.00	0.47	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	20	51	74	79	88	96	98	100	100	NP	NP	NP	A-2-4	0	GW	18	16	34
		0.47	1.5	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,													A-2-7	1	GP	9	15	28
SM - 24	Est . 2+335	0.00	0.18	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat													A-2-4	0	GP	13	19	27
		0.18	0.48	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	11	25	42	55	66	76	78	83	86	NP	NP	NP	A-2-4	0	GP	10	13	20
SM - 25	Est . 2+435	0.00	0.13	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	18	37	59	70	83	98	93	97	100	NP	NP	NP	A-2-4	0	GP	18	14	32
		0.13	0.43	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	11	25	42	55	66	76	78	83	86	NP	NP	NP	A-2-7	1	GP	9	15	28
		0.43	1.5	3		17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-4	0		12	14	22
SM - 26	Est . 2+535	0.00	0.05	1	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro													A-2-4	0	SC	14	19	25
		0.05	0.11	2	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-4	0	SC	17	22	33
		0.11	0.63	3		48	75	80	84	88	92	94	98	100	30	26	4	A-1-a	0		12	19	26
SM - 27	Est . 2+640	0.00	0.06	1	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro	62	76	91	100	100	100	100	100	100	48	19	29	A-2-4	0	SC	18	21	29
		0.06	0.16	2	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro	64	76	87	94	99	99	100	100	100	55	20	35	A-2-4	0	SC	16	23	31
		0.16	1.5	3		25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	21	13	A-2-7	2		9	15	28
SM - 28	Est . 2+745	0.00	0.10	1		50	71	87	94	100	100	100	100	100	31	19	12	A-2-6	0	SC	10	15	34
		0.10	0,24	2	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-1-b	0		13	23	29
		0.24	0.6	3		25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	31	3	A-6	1		3	5	7
SM - 29	Est . 2+845	0.00	0.09	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	25	41	56	63	77	84	85	87	89	35	20	15	A-2-6	0	GP	10	23	34
		0.09	0.16	2		16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-1-b	0		12	17	28
		0.16	0.53	3		27	44	62	70	84	92	94	99	100	32	20	12	A-6	1		3	5	7
SM - 30	Est . 2+905	0.00	0.06	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-1-b	0	GW	16	20	30
		0.06	0.4	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-2-7	2	GW	9	15	28
		0.40	0.9	3		16	32	53	62	75	86	91	94	95	NP	NP	NP	A-6	1		3	5	7
SM - 31	Est . 3+050	0.00	0.05	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, vic	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-6	0	GP	10	23	34
		0.05	0.18	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	45	63	74	81	92	98	100	100	100	37	19	18	A-1-b	0	SC	18	22	32
		0.18	0.4	3		20	51	74	79	88	96	98	100	100	NP	NP	NP	A.6	1		3	5	7
SM - 32	Est . 3+155	0.00	0.04	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, café claro													A-1-b	0	GW	16	19	25
		0.04	0.16	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat													A-2-4	0		19	24	34
		0.16	1.5	3	Suelos arcillosos	11	25	42	55	66	76	78	83	86	NP	NP	NP	A-7-5	29		3	5	7
SM - 33	Est . 3+255	0.00	0.12	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	18	37	59	70	83	98	93	97	100	NP	NP	NP	A-2-4	0	GW	17	22	29
		0.12	0.23	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	11	25	42	55	66	76	78	83	86	NP	NP	NP	A-2-4	0		11	15	25
		0.23	0.46	3	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-7	0		9	15	28
SM - 34	Est . 3+360	0.00	0.08	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat													A-2-4	0	GW	12	22	33
		0.08	0.2	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-4	0		16	25	31
		0.20	0.41	3	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	48	75	80	84	88	92	94	98	100	30	26	4	A-2-7	0	GM	9	15	28
SM - 35	Est . 3+460	0.00	0.05	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat													A-2-4	0	GM	18	22	32
		0.05	0.32	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-2-6	0	GW	10	23	34
SM - 36	Est . 3+565	0.00	0.3	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	31	3	A-2-4	0	GM	16	19	28
		0.30	0.48	2	Arcilla arenosa con poca grava, gris claro	25	41	56	63	77	84	85	87	89	35	20	15	A-1-a	0	GW	13	20	29
SM - 37	Est . 3+665	0.00	0.06	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-2-4	0	GM	11	19	33
		0.06	0.14	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	27	44	62	70	84	92	94	99	100	32	20	12	A-2-4	0	GW	16	22	29
		0.14	0.52	3	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-2-7	0		9	15	28
SM - 38	Est . 3+765	0.00	0.06	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-2-4	0	GW	18	21	31
		0.06	0.12	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	16	32	53	62	75	86	91	94	95	NP	NP	NP	A-2-4	0		11	15	29
		0.12	0.75	3	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-7	0	GM	9	15	28
SM - 39	Est . 3+870	0.00	0.07	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	45	63	74	81	92	98	100	100	100	37	19	18	A-2-4	0	GW	18	22	30
		0.07	0.3	2	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	20	51	74	79	88	96	98	100	100	NP	NP	NP	A-2-4	0		11	21	33
SM - 40	Est . 3+975	0.00	0.22	1	Arena gruesa a fina, con grava, limosa, cat	62	76	91	100	100	100	100	100	100	48	19	29	A-2-4	0	GW	13	25	34
						64	76	87	94	99	99	100	100	100	55	20	35						
SM - 41	Est . 4+075	0.00	0.19	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	21	13	A-2-6	0	GM	10	17	34
		0.19	1.21	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	50	71	87	94	100	100	100	100	100	31	19	12	A-2-6	0		10	23	34
		1.21	1.5	3	Suelos arcillosos	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-6	6		3	5	7
SM - 42	Est . 4+175	0.00	0.2	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	25	41	59	70	81	89	91	92	94	34	31	3	A-2-6	0	GW	9	15	28
		0.20	0.5	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	25	41	56	63	77	84	85	87	89	35	20	15	A-2-6	0		10	23	34
		0.50	1.5	3	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-2-6	0		10	18	30
SM - 43	Est . 4+280	0.00	0.09	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	27	44	62	70	84	92	94	99	100	32	20	12	A-2-6	0	GW	10	13	34
		0.09	0.29	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	16	28	42	53	66	75	79	82	86	28	18	10	A-2-6	0		9	22	34
		0.29	1.5	3	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	67	82	96	100	100	100	100	100	100	43	17	26	A-2-6	0		10	23	33
SM - 44	Est . 4+385	0.00	0.13	1	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	16	32	53	62	75	86	91	94	95	NP	NP	NP	A-2-6	0	GW	9	12	33
		0.13	0.2	2	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	17	35	52	63	75	85	90	93	94	27	22	5	A-2-6	0		10	23	34
		0.20	0.5	3	Grava fina a gruesa, con arena limosa,	45	63	74	81	92	98	100	100	100	37	19	18	A-2-7	0		9	15	28

ANEXO B: ESTUDIO DE TRÁFICO

Tabla-9: Tránsito Promedio Diurno 12.0 Horas (TPDi)

Estación: Nº 1 (San Rafael del Norte)																		
Día	Bicic.	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga						Veh. Pesados		Otros	Total (Veh/12hrs)
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	TxSx ≥5e.	CxRx	CxRx ≥5e.	VA	VC		
													≤4e					
Lunes	7	86	5	7	64	0	0	10	6	10	0	0	0	0	0	0	0	188
Martes	5	77	4	7	79	0	3	12	7	10	1	0	0	0	0	0	0	200
Viernes	32	49	3	4	64	0	0	16	17	6	1	0	0	0	0	0	0	160
Sábado	14	47	5	7	46	0	0	15	4	17	2	2	0	0	0	0	0	145
Domingo	7	44	1	4	30	1	1	13	5	5	0	0	0	0	0	0	0	104
Total	65	303	18	29	283	1	4	66	39	48	4	2	0	0	0	0	0	797
TPDi(Veh/12 hrs)	13	61	4	6	57	1	1	14	8	10	1	1	0	0	0	0	0	164
Porc. por Tipo de Vehículo		38.00	3.00	4.00	35.00	1.00	1.00	9.00	5.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla-11: Resultados del Conteo y Clasificación por Día (24.0 horas)

Estación: Nº 1 (San Rafael del Norte)												
	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Total (vpd)
Día	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	TxSx ≥5e.	
Lunes	108	7	9	82	0	0	12	8	13	0	0	239
Martes	97	6	9	101	0	3	14	9	13	1	0	254
Viernes	62	4	5	82	0	0	19	21	8	1	0	203
Sábado	59	7	9	59	0	0	18	5	22	2	3	185
Domingo	55	1	5	38	1	1	15	6	7	0	0	131
∑TD	382	27	38	362	1	5	79	49	62	5	3	1012
TPD	76	5	8	72	0	1	16	10	12	1	1	202
Composición del TPDS Por Tipo de Vehículo	37.73%	2.63%	3.75%	35.79%	0.13%	0.45%	7.76%	4.82%	6.17%	0.47%	0.30%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla-12: Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) Datos Estimados

	Estación: Nº 1 (San Rafael del Norte)											
Grupo	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Total (vpd)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	TxSx ≥5e.	
TPD	76	5	8	72	0	1	16	10	12	1	1	202.398
Factor Semana	0.96	1.06	1.07	1.06	0.93	0.98	1.01	0.94	0.87	0.93	1	10.81
Factor Temporada	1.18	0.98	1.09	1.04	1.04	0.82	0.97	0.97	0.98	0.76	1	10.83
TPDA (vpd)	87.00	6.00	9.00	80.00	1.00	1.00	16.00	9.00	11.00	1.00	1.00	222
% TPDA	39.19%	2.70%	4.05%	36.04%	0.45%	0.45%	7.21%	4.05%	4.95%	0.45%	0.45%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO C: DISEÑO DE PAVIMENTOS

Tabla -25: Factores Equivalentes de Carga, Ejes Simples

Tabla 3.1. 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
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Interpolación:

Como no está reflejado para 2.2 kip, se interpola entre 2 y 3 kip

Kip		Factor equivalencia
2	=	0.0002
2.2	=	x
4	=	0.002

2	=	0.0018
0.2	=	x

x	=	0.00038

Como no está reflejado para 4.4 kip, se interpola entre 4 y 6 kip

Kip		Factor equivalencia
4	=	0.002
4.4	=	x
6	=	0.009

2	=	0.007
0.4	=	x

x	=	0.0034

Tabla -26: Factores Equivalentes de Carga, Ejes Tándem

Tabla 3.2. 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
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

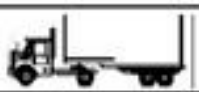
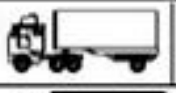
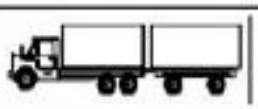
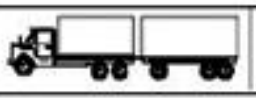
Tabla - 29: Diagrama de Vehículos Livianos

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lbs.
AUTOMOVIL	40,179	2200/2200
JEEP	40,179	2200/2200
CAMIONETA	40,210	2200/4400
MC-15	40,270	4400/8800
MC-12-30	40,394	8800/17600
C2-LIV	40,394	8800/17600
BUS = C2	40,456	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura vial (MTI).

Tabla - 30: Diagrama de Vehículos Pesados

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
C2 11		4.50	9.00					13.50
C3 12		5.00	**16.00**					21.00
			8.00	8.00				
C4 Tx-Sx<4		5.00	**20.00**					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1 Tx-Sx<4		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2 Tx-Sx<4		5.00	9.00	**16.00**				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3 Tx-Sx>5		5.00	9.00	**20.00**				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1 Tx-Sx<4		5.00	**16.00**		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2 Cx-Rx<4		5.00	**16.00**		**16.00**			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3 Cx-Rx>5		5.00	**16.00**		**20.00**			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2 Cx-Rx<4		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2 Cx-Rx>5		5.00	**16.00**		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3 Cx-Rx>5		5.00	**16.00**		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.
a : *Eje sencillo llanta sencilla*
b : *Eje sencillo llanta doble*

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura Vial (MTI).