



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL CAMINO DE 17.30 KM EN EL  
EMPALME LA TRINIDAD (LA BOQUITA)- SAN RAFAEL DEL SUR”**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Valeska María Córdoba Aburto

Br. Cynthia Celeste Pérez Corea

**Tutor**

Ing. Israel Morales

Managua, Diciembre 2017

## DEDICATORIA

Dedicamos nuestro trabajo monográfico a Dios por haber estado en nuestras vidas en todo momento, por brindarnos salud y bienestar para lograr nuestros objetivos, de igual manera por darnos sabiduría, su infinita bondad y amor.

A nuestros padres por su esfuerzo, amor, empeño y apoyo incondicional a lo largo de toda nuestra preparación tanto personal como profesional. Por los ejemplos de constancia y perseverancia que los caracterizan. Sin duda alguna son los pilares más importantes en nuestras vidas.

A nuestros hermanos/as y seres queridos que nos dan su apoyo incondicional día a día.

A nuestros docentes por brindarnos su guía y sabiduría. Por promover el desarrollo de nuestra formación profesional, en especial a nuestro tutor Ing. Israel Morales por guiarnos en el desarrollo de este trabajo.

Valeska María Córdoba Aburto.

Cynthia Celeste Pérez Corea.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos primeramente a Dios quien nos ha dado fortaleza y sabiduría. Por la fuerza y coraje que nos brindó para hacer nuestro sueño una realidad.

A nuestros padres por mostrarnos el valor de la educación, por habernos apoyado totalmente desde el inicio de nuestra formación académica.

A nuestro tutor, Ing. Israel Morales por su gran disposición y empeño brindado para lograr elaborar nuestro trabajo monográfico.

A todos los docentes quienes han aportado en el caminar formativo en estos 5 años. Y a cada una de las personas que nos brindaron su ayuda y apoyo de diferentes maneras. Quisiéramos sientan propia la satisfacción de haber alcanzado esta meta.

Valeska María Córdoba Aburto.

Cynthia Celeste Pérez Corea.

## **RESUMEN DEL TEMA**

En el presente trabajo se muestra el diseño y estimación de costo de la estructura de pavimento articulado del tramo La Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur. El tramo de estudio pertenece a los municipios de: Diriamba y San Rafael del Sur, ubicado en los departamentos de Carazo y Managua. Se utilizó el método “American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASHTO)”, en su guía para el diseño de estructuras de pavimento de 1993. A continuación se presentan las fases de investigación de este estudio:

### **Capítulo I: Generalidades.**

Introduce al lector a conocer la situación actual generada en la zona de influencia del camino, los objetivos propuestos que se desean alcanzar y los posibles beneficios que se podrían lograr en la ejecución del proyecto.

### **Capitulo II: Estudio de Suelo.**

La dirección de Administración Vial (DAV) del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha proporcionado los datos correspondientes a los ensayos de laboratorio de sondeos de línea y bancos de materiales.

Se presentan los resultados y análisis de los ensayos efectuados en el subsuelo existente a lo largo del tramo, a la vez se presentan los estudios de los 3 bancos de materiales cercanos al sitio del proyecto con el fin de proveer elementos necesarios en el diseño de los espesores de pavimento.

Los suelos predominantes a lo largo de la vía son A-7-6, A-2-6 y A-2-4 de tipo arcillosos. En lo que respecta al rodamiento de la vía, predominan los suelos granulares del tipo A-2-4, observándose que el tramo no se ha sometido a mantenimientos recientes y el CBR predominante en toda la vía es de 2%.

Para la sustitución del material a lo largo del camino se analizaron 3 bancos de materiales. El cual el material que se utilizara es del banco La mina donde los suelos predominantes son A-1-a (0), A-7-5 (25), A-2-4 (0), A-2-6 (0) de tipo arena gravosa y arcilla con arena y poca grava.

### **Capítulo III: Estudio de tránsito**

Para la estimación del tránsito promedio diario anual se realizaron conteos de cinco días continuos durante 12 horas entre las 6 a.m. y 6 p.m. haciéndose en un día de los cinco, un conteo de 24 horas. Una vez obtenido el TPDA se aplicaron los factores de ajuste de conteos de 12 horas a 24 horas y se utilizaron los factores de expansión propuestos por el Anuario de Aforo 2010. MTI.

Se analizó la estación de mayor cobertura (EMC) 1802 de la cual es dependiente el tramo en estudio y se obtuvo una tasa de crecimiento estimada para vehículos de 3% con una vida útil de 20 años, valores que serán ocupados en la determinación del tránsito de diseño. Se calculó y proyectó la cantidad de ejes equivalentes que transitarán por el tramo La Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur en un periodo de 20 años.

### **Capítulo IV: Diseño de pavimento articulado**

Se presenta la metodología empleada por la AASHTO-93. En este capítulo se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología empleada para el diseño estructural de los componentes del pavimento articulado y se determina la combinación de tipos de materiales y espesores de capas más ajustadas a las condiciones de diseño.

La estructura de pavimento estará conformada por una base granular de 20 cm, 20 cm de compactación, carpeta de rodamiento de adoquín de 10 cm y una capa de arena de 5 cm, para un total de 55 cm de espesor; cumpliendo con los espesores mínimos de la AASHTO 93.

### **Capítulo V: Estimación de costo**

El proceso para estimar los costos consistió en realizar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. El proyecto que se utilizó para estimar el costo por analogía es el tramo de camino Niquinohomo- Los Positos en el departamento de Masaya en el año 2012. Con una longitud de 1.5 Km, resultando el valor de la obra C\$ 162 278 846.70 ya con impuestos.

## Contenido

<b>I CAPITULO: GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Localización de la obra .....	5
<b>II CAPITULO: ESTUDIO GEOTECNICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Generalidades .....	7
2.2. Estructura del pavimento .....	7
2.2.1. Capa superior .....	7
2.2.2. Sub-rasante.....	7
2.2.3. Sub-base .....	7
2.2.4. Base .....	8
2.3. Banco de materiales .....	8
2.4. Sub-rasante.....	8
2.5. Módulo de resiliencia (Mr) para pavimentos articulados .....	9
2.6. Propiedades físico-mecánicas de los suelos.....	9
2.7. Granulometría.....	10
2.7.1. Clasificación de los suelos.....	10
2.8. Límites de Atterberg .....	10
2.9. Humedad.....	11
2.10. Ensayos del suelo .....	11
2.10.1. Valor soporte California (CBR, AASHTO T-193).....	11
2.11. Resultados del estudio.....	13
2.11.1. Situación actual del camino .....	13
2.11.2. Características geotécnicas.....	13
2.11.3. Problemas geotécnicos .....	13
2.11.4. Trabajo de campo y laboratorio .....	14
2.11.5. Sondeos manuales sobre la línea.....	14
2.11.6. Normas de ensayo.....	14
2.11.7. Resultados de los ensayos sobre la línea.....	15
2.11.8. Sondeos de los bancos de materiales .....	19

2.11.9. Caracterización del material de la sub-rasante .....	26
<b>III CAPITULO: ESTUDIO DE TRÁFICO .....</b>	<b>27</b>
3.1. Generalidades .....	27
3.2. Estaciones de conteo .....	27
3.2.1. Estaciones Permanentes .....	27
3.2.2. Estaciones de Control.....	28
3.2.3. Estaciones Sumarias .....	28
3.3. Volumen y clasificación vehicular .....	28
3.3.1. Tipos de vehículos.....	29
3.4. Volúmenes de transito .....	30
3.4.1. Tránsito Horario (TH).....	30
3.4.2. Tránsito Diario (TD) .....	30
3.4.3. Tránsito Semanal (TS).....	30
3.4.4. Tránsito Mensual (TM).....	30
3.4.5. Tránsito Anual (TA).....	30
3.5. Ajuste y expansión de volúmenes de tránsito .....	31
3.5.1. Factor día .....	31
3.5.2. Factor semana.....	31
3.5.3. Factor fin semana.....	31
3.6. Tasa de crecimiento (TC).....	31
3.7. Proyección del tráfico vehicular .....	32
3.8. Tipos de tránsito .....	32
3.8.1. Tránsito normal.....	32
3.8.2. Tránsito desarrollado .....	33
3.8.3. Tránsito atraído .....	33
3.8.4. Tránsito total.....	33
3.9. Resultados del estudio .....	34
3.9.1. Estaciones de conteo .....	34
3.9.2. Tránsito promedio diario anual. TPDA .....	35
3.9.3. Conteo nocturno .....	39
3.9.4. Factores de expansión .....	41
3.9.5. Proyecciones de tránsito .....	47
3.9.6. Proyección del tránsito normal. Tasa de crecimiento .....	48
3.9.7. Proyección del tránsito desarrollado .....	49
3.9.8. Proyección del tránsito atraído .....	49

3.9.9.	Tránsito total.....	49
3.9.10.	Periodo de diseño.....	51
3.9.11.	Repeticiones de carga (Esales).....	51
3.9.12.	Factor equivalente de carga por eje.....	51
3.9.13.	Distribución del tráfico .....	52
3.9.14.	Factor de carril.....	52
3.9.15.	Serviciabilidad .....	53
3.9.16.	Cálculo de las repeticiones de carga (Esales) ( <i>Wt18</i> ).....	54
3.9.17.	Cálculo de los ejes equivalentes de daño (Esales .....	54
<b>IV CAPITULO: DISEÑO DE LOS ESPESORES DE PAVIMENTO.....</b>		<b>57</b>
4.1.	Método de diseño .....	57
4.2.	Ecuación de diseño .....	58
4.2.1.	Variables independientes .....	58
4.2.2.	Variable dependiente.....	59
4.3.	Espesores de pavimento .....	59
4.3.1.	Determinación de las variables de diseño.....	59
4.3.2.	Determinación de los espesores de pavimento.....	63
4.3.3.	Procedimiento para la determinación de los espesores .....	64
<b>V CAPITULO: ESTIMACIÓN DE COSTOS.....</b>		<b>70</b>
5.1.	Estimación de costos.....	70
5.1.1.	Estimación de detalle.....	70
5.1.2.	Estimación directa .....	71
5.1.3.	Estimación por analogía .....	71
5.1.4.	Cotizaciones de subcontratistas y proveedores .....	71
5.1.5.	Estimación paramétrica de costes .....	71
5.1.6.	Otros .....	71
5.2.	Resultados de costo y presupuesto .....	72
5.2.1.	Movimiento de tierra .....	72
5.2.2.	Abra y destronque .....	72
5.2.3.	Excavación en la vía (Corte).....	73
5.2.4.	Relleno o terraplén .....	73
5.2.5.	Compactación.....	73
5.2.6.	Excavación de préstamo caso II .....	73
5.2.7.	Sobreacarreo de material .....	74
5.2.8.	Pavimento de adoquines Concreto $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ .....	74



5.2.9. Bordillo de concreto para confinamiento del adoquinado  $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$ . 74

<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>85</b>

# **I CAPITULO: GENERALIDADES**

## **1.1. Introducción**

Entre las áreas para el diseño tenemos el diseño de pavimento. Para la ejecución de un proyecto de carretera, deben intervenir distintos estudios, tales como: calidad del suelo, calidad de materiales, estudio del tráfico, el clima, la ubicación y costos.

Los parámetros más importantes para la ejecución de este proyecto son: aportar a la comunidad proponiendo la estructura de pavimento y la solicitud de carga según el tipo vehicular para mejorar el tránsito sobre la vía. El mejoramiento vial tanto en Nicaragua como en otros países de América ha estado en constante evolución, principalmente en la utilización de materiales duraderos. Existen tres tipos de pavimento: flexible, articulado y rígido. Siendo el articulado una solución viable y de menor costo.

El tramo de estudio pertenece a los municipios de: Diriamba y San Rafael del Sur, ubicado en los departamentos de Carazo y Managua. Este tramo requiere un mejoramiento vial, pues a medida que aumenta el crecimiento poblacional, incrementa la demanda de utilización de esta vía para comunicarse entre comunidades vecinas.

La importancia de este documento radica en proporcionar un diseño adecuado y económico para dar solución al problema que tiene el sector en estudio.

Este proyecto se presenta con el fin de analizar el tipo de suelo existente así como también las fuentes o bancos de materiales presentes en la zona del proyecto.

## **1.2. Antecedentes**

A lo largo de los años, la evolución de la ingeniería civil ha traído avances positivos en cuanto al área vial, entre ellos el diseño de pavimento, debido a la necesidad del hombre de tener vías de transporte de más duración, estos para permitir el desplazamiento rápido y seguro, sobre todo en las épocas del año en que los fenómenos naturales provocan el deterioro de las vías, las cuales dan mal servicio al transporte.

Desde 1973 se empezó a usar el adoquín en Nicaragua convirtiéndose en el sistema de pavimentación más utilizado, como ejemplo de ello se tiene la carretera Masachapa-Pochomil; siendo uno de los sistemas que revolucionó en el país después del terremoto de 1972, dando soluciones rápidas a una serie de problemas, debido a la baja inversión que se hacía en la construcción, contrario al mayor costo que conllevaba la construcción de otros tipos de pavimentos. Además fue una excelente alternativa para generar empleos.

El camino en construcción del tramo de carretera Empalme La Trinidad- San Rafael del Sur, ubicado en el departamento de Carazo a 60 Km de la ciudad de Managua, se encuentra desde hace varios años revestido con material selecto, esto ha ocasionado inestabilidad en el suelo en temporada lluviosa, provocando inundaciones y calles intransitables.

### **1.3. Justificación**

El parque vehicular va aumentando considerablemente en los últimos años, como requerimiento básico de este crecimiento se presenta la necesidad de calles pavimentadas para la circulación fluida de vehículos para el desarrollo de las comunidades. Por dicha razón, las entidades gubernamentales han atendido las necesidades de los pobladores en zonas rurales cuyo objetivo es desarrollar obras que influyan en la facilidad de acceso a los caminos.

La importancia del diseño de pavimento es muy amplio, además de proponer el diseño de la estructura de la carpeta de rodamiento en este caso pavimento articulado, es la ejecución de este diseño como proyecto que el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) pretende llevar a cabo en el tramo de carretera empalme la Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur. En este trabajo investigativo se empleara el método convencional de la AASHTO 93.

Es fundamental el diseño de esta vía debido a que sería un corredor natural para los camiones que transportan materiales de construcción como el cemento, puesto que, cerca del tramo en estudio se encuentra una planta cementera y se transporta dicho material hacia los departamentos de Carazo, Managua y otros de Nicaragua. A su vez en San Rafael del Sur y en el Ingenio Montelimar se cultiva maíz y caña de azúcar respectivamente y esto beneficiaría la economía de la zona.

Igualmente será un corredor para el potencial turístico hacia las playas de Carazo, para los nacionales que vayan hacia estos sitios turísticos y para los turistas extranjeros que visiten las playas cercanas tales como Pochomil, Masachapa, entre otras playas y zonas turísticas aledañas

La pavimentación de este tramo de 17.30 km brindara beneficios a los pobladores de dicha localidad ya que mejorará las condiciones de seguridad vial, evitando inundaciones por la existencia de drenaje longitudinal, la calidad de vida será distinta ya que mejorará la salud de los habitantes , se evitará charcas y se erradicará a la misma vez los focos de contaminación.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar la estructura de pavimento articulado empalme La Trinidad (La Boquita)- San Rafael del Sur usando el método de la AASHTO 93.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos a lo largo de la vía y los bancos de materiales cercanos al proyecto para verificar la factibilidad de su uso en la estructura de pavimento.
- Determinar el volumen vehicular por medio de un aforo para determinar el número de repeticiones esperadas de ejes equivalentes (ESAL'S) durante el periodo de diseño.
- Dimensionar los espesores de la estructura de pavimento, que soportara las cargas de diseño usando el método de la AASHTO 93 para el mejoramiento de la circulación vehicular.
- Elaborar estimación de costo para la revisión de la viabilidad financiera del proyecto.

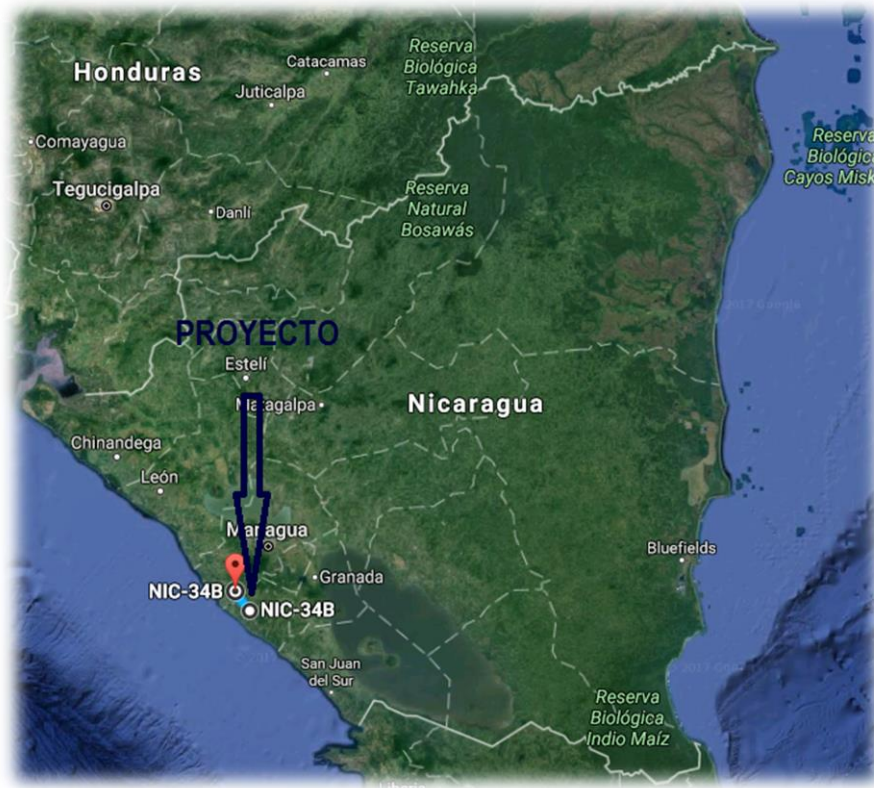
### 1.5. Localización de la obra

Este tramo tiene una longitud de 17.30 Km. Tiene su inicio en el Empalme La Trinidad sobre la carretera Diriamba – La Boquita, (Nic-18B), a la altura del Km 59+100 aproximadamente al centro de la vía y finaliza en la comunidad San Pablo, (estación 17+272.53, intersección con el tramo Nic-34B intersección Nic-8 – San Pablo) cabecera municipal de San Rafael del Sur.

**Cuadro No.1 Coordenadas de ubicación**

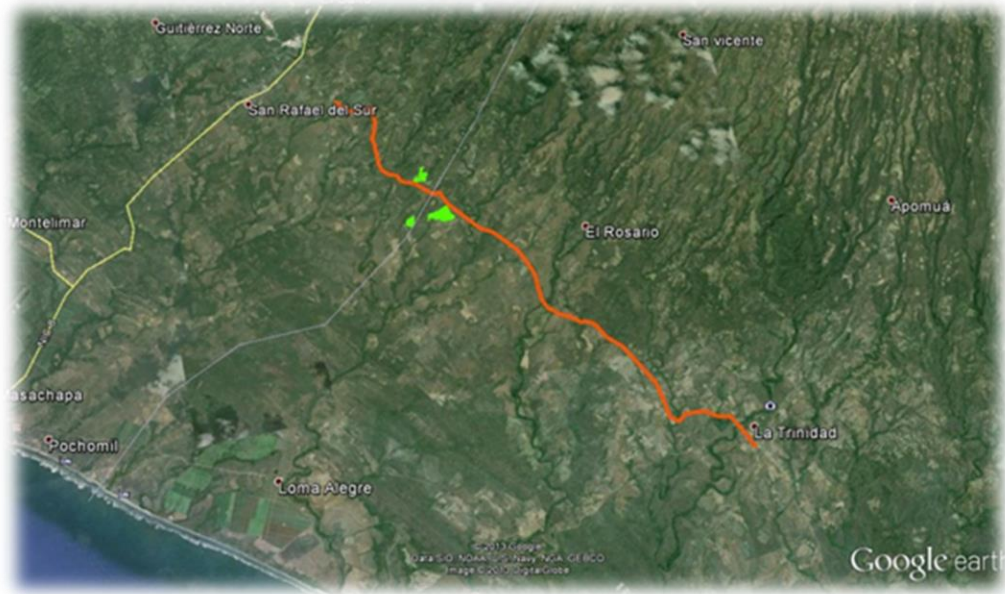
NOMBRE DEL CAMINO		Coordenadas UTM	
		ESTE	NORTE
INICIO	EMPALME LA TRINIDAD	572,610.739	1,297,048.995
FIN	SAN RAFAEL DEL SUR	563,394.520	1,309,211.673

**Gráfico No. 1 Macro localización**



*Fuente: Google Maps*

## Gráfico No. 2 Micro localización



*Fuente: Google Maps.*

## **II CAPITULO: ESTUDIO GEOTECNICO**

### **2.1. Generalidades**

El objetivo del Estudio Geotécnico es conocer las características físico-mecánicas del sub-suelo a lo largo del camino, por medio de la realización de ensayos de laboratorio y el análisis de la información obtenida, con la finalidad de obtener los espesores del pavimento.

La investigación incluye también determinar las características de Bancos de Materiales, necesarios para la construcción del proyecto.

### **2.2. Estructura del pavimento**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Los elementos principales de una estructura de pavimento son:

#### **2.2.1. Capa superior: Adoquín**

#### **2.2.2. Sub-rasante**

Capa de la estructura de pavimento, que tiene como objetivo recibir las cargas de la base o sub-base y distribuir las adecuadamente a las capas de pavimento subsecuentes. La función principal es proporcionar soporte al pavimento, por lo que resulta indispensable evaluar las propiedades de los suelos para llevar un control de calidad adecuado.

#### **2.2.3. Sub-base**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento. Debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que puedan causar daños al pavimento; se coloca entre la sub-rasante y la capa de base, sirviendo como material de transición en los pavimentos.



#### **2.2.4. Base**

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de esta a la sub-rasante.

#### **2.3. Banco de materiales**

Los bancos de materiales deberán ser objetos de una búsqueda especial y para cada uno que se estudie deberá llenarse tablas en el cual se describirá la posición del banco, su utilización, volumen aprovechable, localización y tratamientos necesarios según el uso que se le pretenden dar a los materiales.

Los materiales para capa, sub-rasante, sub-base, base y la carpeta de los pavimentos flexibles y rígidos, suelen provenir de bancos especialmente localizados.

Los materiales para construir capas de los terraplenes se obtienen muchas veces de compensaciones longitudinales o de préstamos laterales, aunque cada día es más frecuente la utilización de bancos, sobre todo en aeropistas o en tramos de carretera en que se deseen materiales de calidad superior.

#### **2.4. Sub-rasante**

La sub-rasante es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento y la característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la sub-rasante, se conoce como **Módulo de Resiliencia (Mr)**.

Se efectuaban ensayos utilizando cargas estáticas o de baja velocidad de deformación tales como el CBR, ensayos de compresión simple. Estos se cambiaron por ensayos dinámicos y de repetición de cargas como el módulo de resiliencia, que son pruebas que demuestran en mejor forma el comportamiento y lo que sucede debajo de los pavimentos en lo que respecta a tensiones y deformaciones.

Las propiedades Físico–Mecánicas son las características utilizadas para la selección de los materiales, las especificaciones de construcción y el control de calidad.

La calidad de los suelos en el caso de las sub-rasantes, se puede relacionar con el módulo de resiliencia, valor soporte del suelo (CBR) y el módulo de reacción de la sub-rasante.

### **2.5. Módulo de resiliencia (Mr) para pavimentos articulados**

En el método de AASHTO 93, el módulo de resiliencia reemplaza al CBR como variable para caracterizar la sub-rasante, sub-base y base. El módulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de los suelos que reconoce a su vez las características no lineales de su comportamiento.

### **2.6. Propiedades físico-mecánicas de los suelos**

La sub-rasante es definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un sistema de pavimento. Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub-rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento. Las propiedades físicas se mantienen invariables aunque se sometan a tratamientos tales como homogenización, compactación, etc.

Sin embargo, ambas propiedades cambiarían cuando se realicen en ellos procedimientos de estabilización.

Para conocer las propiedades de los suelos en un proyecto, es necesario tomar muestras en todo el desarrollo del mismo, posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades:

- Granulometría
- Límites de Atterberg (líquido e índice plástico)
- Valor soporte (CBR)
- Humedad

## **2.7. Granulometría**

### **2.7.1. Clasificación de los suelos**

La clasificación de suelos es el indicador de las propiedades físico – mecánicas que tienen los suelos. La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a usarse como sub-rasante es la clasificación de AASHTO M-145; las primeras variables son: granulometría y plasticidad.

En términos generales un suelo conforme a su granulometría se clasifica así:

- Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No.10 (2mm)
- Arena gruesa: de un tamaño menor a 2mm hasta tamiz No. 40 (0.425)
- Arena fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz No.200 (0.075 mm)
- Limos y arcillas: tamaños menores de 0.075mm

Conforme AASHTO, un suelo fino es el que tiene más del 35% que pasa el tamiz No.200 (0.075mm), los cuales se clasifican como A-4, A-5, A-6 o A-7.

Dos suelos considerados finos que tengan granulometrías similares, pueden llegar a tener propiedades diferente dependiendo de su plasticidad, cualidad que se analiza en el suelo que pasa el tamiz No.40; dichas propiedades de plasticidad, se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg.

## **2.8. Límites de Atterberg**

- Límite líquido (LL): Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido.
- Límite plástico (LP): Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo.
- Límite de contracción (LC). Humedad máxima de un suelo para la cual una reducción de la humedad no causa una variación del volumen del suelo, expresado en porcentaje.
- Índice plástico o IP: Es la diferencia entre LL y LP, que nos indica la plasticidad del material.

De lo descrito anteriormente se concluye que para los suelos gruesos, la propiedad más importante es la granulometría y para los suelos finos son los límites de Atterberg.

## **2.9. Humedad**

Estos ensayos tienen por finalidad determinar la humedad de un suelo compactado en un molde normalizado mediante un pisón de masa normalizada, en caída libre y con una energía específica de compactación.

## **2.10. Ensayos del suelo**

### **2.10.1. Valor soporte California (CBR, AASHTO T-193)**

En este ensayo, se mide la resistencia que opone un suelo a la penetración de un pistón de  $3\text{plg}^2$ . De área en una muestra de suelo de 6plg. (15cm) de diámetro y 5plg (12.5cm) de altura, a una velocidad de 1.27 mm/min (0.5 plg/min). La fuerza necesaria para que el pistón penetre dentro del suelo se mide a determinados intervalos de penetración; estas fuerzas medidas, se comparan con las que se necesitan para producir iguales penetraciones en una muestra que sirve de patrón la cual es piedra partida bien graduada; la definición del CBR es:

$$CBR = \frac{\text{Fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5mm en un suelo}}{\text{Fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5mm en la muestra patrón}}$$

Relación que nos da un valor que se indica en porcentaje, el cual puede ser muy variable dependiendo de los suelos analizados; 2 a 4% en arcillas plásticas, hasta un 70% o más en materiales granulares de buena calidad.

Todos los suelos, tanto finos como gruesos o sus mezclas, se compactan a diferentes contenidos de humedad tanto arriba como abajo de su humedad óptima. Las muestras elaboradas bajo estos procedimientos se sumergen en agua durante un periodo mínimo de 96 horas, antes de proceder a su ensayo, con el objetivo de simular las condiciones de saturación a las cuales van a estar

sometidos los suelos como la sub-rasante de una carretera, y en esta forma, obtener los CBR's de los suelos bajo las condiciones más críticas.

En el ensayo y en inmersión, se colocan pesos sobre las muestras con el objeto de simular las cargas tanto vehiculares, como de la estructura de pavimento, a las cuales van a estar sometidos los suelos de la sub-rasante.

El método del CBR para diseño de pavimentos, fue uno de los primeros en utilizarse y se basa principalmente en que a menor valor de CBR de la sub-rasante es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito.

## **2.11. Resultados del estudio**

### **2.11.1. Situación actual del camino**

El inicio del proyecto está propiamente en la Comunidad La Trinidad, en la intersección con la NIC-18B, Diriamba - La Boquita, del lado izquierdo está el Cementerio La Trinidad y del lado derecho La Planta Generadora de Energía Solar Fotovoltaica.

En la visita de campo se observó en la entrada al proyecto que los primeros 50 m están adoquinados, pero luego sigue el camino de todo tiempo con algunos puntos intransitables por el efecto de las lluvias en este período de estación húmeda.

### **2.11.2. Características geotécnicas**

En el material de revestimiento existente del tramo se observó que presentan pegaderos en periodos lluviosos. El material existente del sitio es de regular a mala calidad. El estudio contempla conocer los espesores de esta capa, sus propiedades índices y mecánicas, como la de los suelos de sub-rasante.

Así mismo se encontró a lo largo del proyecto varios bancos de materiales importantes para la fase de re-habilitación (construcción), y también forman parte de este estudio. Los resultados de los ensayos geotécnicos se presentan en este informe.

*Ver Anexos tabla 1 sondeos sobre la línea y cuadro No.3 CBR sobre la línea.*

### **2.11.3. Problemas geotécnicos**

Durante la ejecución del estudio, no se observaron problemas geotécnicos aparentes o de consideración tales como deslizamientos de taludes, asentamientos, hundimientos, desprendimientos, etc., sin embargo se realizó inspección a lo largo del camino para determinar los sitios con posibles amenazas de desprendimiento de laderas y otros, llegando a la conclusión que

era necesario realizar sondeos en taludes ubicados en las estaciones: 6+660 B/D, 10+760 B/I y 13+600 A/L.

Además presenta serios problemas de circulación, debido a la falta de drenaje longitudinal y transversal en el sitio.

#### **2.11.4. Trabajo de campo y laboratorio**

Los trabajos geotécnicos de campo consistieron en la realización de sondeos manuales a lo largo del rodamiento del camino ubicado a razón de 10 sondeos por kilómetro, estos fueron ubicados alternados a uno y otro lado de la línea central además de los estudios de bancos, realizando calicatas para la extracción de muestras de suelo.

#### **2.11.5. Sondeos manuales sobre la línea**

Para realizar el estudio, se efectuó un total de ciento setenta y cuatro (174) sondeos manuales, en el tramo Empalme La Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur, con profundidades máximas de 1.5 metros. La ubicación de los sondeos fue a cada cien metros, alternadamente al centro, izquierda y derecha de la carretera.

El muestreo de los sondeos se hizo con posteadora y barra, clasificándose el material preliminarmente en el sitio, de manera visual y al tacto, seleccionándose un total de cuatrocientos cincuenta y siete (457) muestras.

De las muestras obtenidas en los sondeos de acuerdo a su clasificación se formaron 39 grupos de suelos similares con los que se realizaron igual número de ensayos de CBR, necesarios para el diseño.

#### **2.11.6. Normas de ensayo**

Una vez tomadas las muestras de suelo de los sondeos de línea y de los bancos de materiales, éstas fueron trasladadas al laboratorio en donde se analizaron de acuerdo con los métodos siguientes:

**Cuadro No.2 Normas de ensayo**

Núm.	Ensayo	Norma
1	Granulometría	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado	ASTM D-3282 ó AASHTO T-145
5	Próctor estándar	ASTM D-698 ó AASHTO T-99
6	CBR	ASTM D-1883 ó AASHTO T-193
7	Humedad natural	ASTM D-2216

*Fuente: Diseño de pavimento AASHTO 93*

### **2.11.7. Resultados de los ensayos sobre la línea**

Las muestras obtenidas de los suelos se almacenaron y rotularon adecuadamente indicando el número de muestra e identificación de campo, el estacionamiento, ubicación correspondiente, la profundidad a que fue extraída, y la fecha para su remisión y transporte a los laboratorios LAMSA en Managua donde se practicaron los ensayos correspondientes para obtener la clasificación definitiva del material.

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

Superficialmente existen principalmente suelos del tipo arena grava limosa clasificadas según el método AASHTO M 145 como A-2-4 (0), grava areno arcillosa clasificada como A-2-6 (0), limos arcillo arenosos A-6 (0) y arcillas arenosas clasificadas como A-7-6, estos materiales se encuentran en los primeros 10 kilómetros. Luego encontramos superficialmente otros como limo arenoso A-4(1), grava arenosa A-2-7 (0) y grava arenosa A-1-a.

Debajo del estrato superficial también se encontró suelos tipo A-7-6, A-6, A-2-4, A-2-6 y A-2-7 en su mayoría con coloración café y gris. Los límites de consistencia de estos suelos varían desde 20 a 69% de Límite Líquido y de 3 a 48% de Índice de Plasticidad.



Los granos de estos suelos pasan entre 14 y 100% el tamiz No.4 y entre 3 y 92% el tamiz No.200.

Los resultados de los ensayos de CBR obtenidos en los suelos a lo largo del camino en muestras compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Estándar, fueron del orden de 1.10 a 10.70%, de 1.40 a 24.10%, y de 1.60 a 38%, respectivamente.

Se encontró niveles de agua freática (NAF) en el sondeo 78, a los 1.50 m de profundidad.

Ver en anexos resultados de los ensayos de laboratorio tabla 1

**Cuadro No. 3 Resumen de resultados de ensayos CBR de muestras de sondeos en línea**

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de	
					0.1"	0.2"
0+000-1+000	1	1,6,7,10	1,12, 14,21	90	7.4	6.4
				95	12.1	13.3
				100	15.1	18.2
0+000-1+000	2	2,3,4,5,8,9,11	3,6,8,10,17,19,23	90	2.5	2.1
				95	5.9	6.2
				100	10.8	11.0
1+000-2+000	3	13,14,15,18	29,32,35,45	90	7.6	6.9
				95	12.9	12.5
				100	23.8	22.9
1+000-2+000	4	12,17,19,21	26,42,51,60	90	2.3	2.0
				95	4.4	4.2
				100	6.9	7.2
1+000-2+000	5	12,13,14,15,16,17,18,19,20,21	25,28,33,36,38,41,44,50,54,58	90	9.6	8.8
				95	11.6	11.2

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de	
					0.1"	0.2"
				100	17.0	17.1
1+000-2+000	6	18,19,21	46,52,59	90	3.3	3.3
				95	4.9	4.3
				100	7.6	7.5
2+000-3+000	7	22,28	62,77,78	90	4.1	3.9
				95	5.4	5.2
				100	6.0	5.5
2+000-3+000	8	22,25,28,31	64,69,79,84,85,86	90	1.2	1.1
				95	1.4	1.2
				100	1.6	1.4
3+000-4+000	9	32,34,36,37,38	88,94,100,105,108	90	2.3	2.0
				95	3.6	2.9
				100	6.2	6.0
3+000-4+000	10	33,36,32,39,40	93,101,87,110,112	90	2.3	2.0
				95	3.4	2.8
				100	4.0	3.7
4+000-5+000	11	42,45,46,47,50	122,125,128,138	90	5.3	4.2
				95	7.3	7.1
				100	11.5	11.1
4+000-5+000	12	47,48,49	129,132,135,136	90	2.5	2.3
				95	3.7	3.3
				100	4.3	4.2
5+000-6+000	13	53,54,55,57,59,60,61	145,146,147,152,156,162,163,167	90	7.0	6.6
				95	10.2	9.5
				100	16.1	14.9
5+000-6+000	14	58,59,60	59,161, 165	90	1.1	1.0
				95	2.1	2.1
				100	4.7	4.1
5+000-6+000	15	58,61	158,168	90	1.4	1.3
				95	2.5	2.4
				100	3.8	4.2
6+000-7+000	16	63,64,65,67	173,174,176,181	90	4.7	4.0
				95	5.7	4.7
				100	9.7	8.3
6+000-7+000	17	62,64,67,68,69,70,71	172,175,180,183,186,189,191	90	1.8	1.4
				95	4.3	3.9
				100	6.7	6.3
6+000-7+000	18	65,70	177,188	90	1.2	1.1
				95	2.8	2.3
				100	3.8	3.8
7+000-8+000	19	72,74	195,200	90	1.8	1.4
				95	3.3	2.9
				100	4.7	3.8
7+000-8+000	20	64,75,76,79,80	202,203,207,211,215	90	1.6	1.3
				95	2.5	2.7

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de	
					0.1"	0.2"
8+000-9+000	21	84,87,90	225,233,243,244	100	5.1	4.7
				90	1.4	1.3
				95	2.5	2.4
				100	2.8	3.6
8+000-9+000	22	83,88,90,91	222,236,242,246	90	10.7	9.0
				95	24.1	19.4
				100	38.0	34.4
9+000-10+000	23	94,95,99,101	253,255,267,272	90	3.3	2.9
				95	3.8	3.4
				100	6.8	6.4
9+000-10+000	24	96,97,99	258,262,269	90	9.4	7.6
				95	18.8	17.2
				100	28.0	26.6
10+000-11+000	25	102,103,108,111	275,278,290,291,297	90	9.0	9.5
				95	11.2	12.9
				100	13.3	15.1
10+000-11+000	26	102,105,106,108,110,111	276,282,284,289,295,298	90	15.5	16.2
				95	21.3	25.9
				100	25.8	28.5
11+000-12+000	27	113,115,117,118,119,121	306,312,317,320,321,323.	90	11.2	11.6
				95	18.7	18.4
				100	27.2	29.8
11+000-12+000	28	114,118,120	309,310,319,322	90	10.6	9.9
				95	14.2	14.2
				100	19.9	19.4
12+000-13+000	29	123,127,131	329,336,344	90	5.4	5.1
				95	7.7	7.5
				100	9.2	8.8
12+000-13+000	30	122,126,127,129,130	328,334,335,337,340,342	90	3.9	3.6
				95	5.0	4.5
				100	7.3	6.6
13+000-14+000	31	133,135,138,139,140	349,354,362,364,365	90	3.3	2.8
				95	4.1	3.7
				100	4.9	4.3
13+000-14+000	32	132,133,134	346,348,352	90	15.0	16.6
				95	29.8	29.8
				100	42.0	44.7
14+000-15+000	33	143,145,147,151	375,381,393	90	14.2	14.2
				95	20.7	21.2
				100	23.8	24.6
14+000-15+000	34	142,144,146,147,148,149,150	371,377,383,384,387,389,390	90	14.2	14.2
				95	20.7	21.2
				100	23.8	24.6
15+000-16+000	35	154,155,156,157	399,402,404,406	90	3.8	3.6
				95	6.8	6.6
				100	11.5	10.8

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de	
					0.1"	0.2"
15+000-16+000	36	153,157,158,160	407,410,416	90	3.8	3.7
				95	7.0	6.6
				100	9.9	10.3
16+000-17+000	37	162,167	421,422,423,438	90	2.7	2.4
				95	3.9	3.6
				100	4.9	4.4
16+000-17+000	38	163,165,167	425,432,437	90	2.0	1.9
				95	2.6	2.6
				100	3.6	3.5
17+000-17+300	39	172,174	449,450,455	90	3.5	3.3
				95	4.4	4.2
				100	6.3	6.7

*Ver anexos tabla 2 resultados de ensayo CBR clasificación de suelos*

### **2.11.8. Sondeos de los bancos de materiales**

Se localizaron 3 bancos en total, en cada uno de ellos se realizaron 3 sondeos a cielo abierto de 1.5 m. x 1.5 m. x 3.0 m por ser fuentes en explotación. El objetivo es de confirmar con mayor exactitud su uso potencial y la cantidad disponible a explotar. Las muestras extraídas de los sondeos fueron trasladadas al laboratorio para la realización de los ensayos requeridos

Los resultados de laboratorio comprenden la granulometría, plasticidad, clasificación AASHTO, Proctor, CBR, desgaste de los Ángeles e intemperismo acelerado.

*Los resultados se presentan en los anexos del presente informe tabla No.3, No.4 y No.5*

**Cuadro No.4 Resumen de información de Bancos de Materiales**

INFORMACION	BANCO EL POLVORIN	BANCO LOS ANGULO	BANCO LA MINA
PROPIETARIO	Alcaldía San Rafael	Adán Angulo	Manuel Martínez
TIPO DE MATERIAL	Grava limosa color gris claro	Limo arenoso color gris claro (cantera)	Roca Basáltica
ESTADO	En explotación	En explotación	En explotación
USO PONTENCIAL	Sub base	Terracería	Base
UBICACIÓN	Cruce San Pablo – San Rafael, 860 metros arriba (X = 564052, Y = 1309675)	San Pablo (X = 564618, Y = 1306385)	De La Trinidad 7.60 km carretera a Diriamba, 900 m Comarca Apomúa. (X = 577412, Y = 1302358)
ACCESO	Camino de tierra transitable en buen estado	Camino de tierra transitable en buen estado	Camino de tierra transitable en buen estado
CALICATAS CON SUS COORDENADAS (UTM)	CAL 1 (X = 564048, Y = 1309702)	CAL 1 (X = 564592, Y = 1306381)	CAL 1 (X = 577361, Y = 1302269)
	CAL 2 (X = 564027, Y = 1309673)	CAL 2 (X = 564579, Y = 1306354)	CAL 2 (X = 577305, Y = 1302294)
	CAL 3 (X = 564063, Y = 1309666)	CAL 3 (X = 564605, Y = 1306356)	CAL 3 (X = 577327, Y = 1302377)
VOLUMEN EXPLOTABLE APROXIMADO	Área = 13,569.50 m <sup>2</sup> Vol. descapote = 4,749.32m <sup>3</sup> Altura explotable = 7.37 m	Área = 20,056.50 m <sup>2</sup> Vol. descapote = 7,019.77m <sup>3</sup> Altura explotable = 5.00 m	Área = 15,813.77 m <sup>2</sup> Vol. descapote = 5,534.81 m <sup>3</sup> Altura explotable = 6.32 m

*En los anexos se pueden encontrar mapas y esquemas de las ubicaciones correspondientes, estos bancos se seleccionaron de acuerdo a los términos de referencia.*

#### **2.11.8.1. Banco El Polvorín**

En la calicata 1 el material corresponde superficialmente de 0 a 0.50 m de profundidad a una grava con poca arena y limo arcilloso color gris, tipo A-2-6 (0). Tiene 24% de límite líquido y 12% de índice de plasticidad, sus granos pasan 13% el tamiz No.4 y 2 % el tamiz No.200.

Bajo el estrato superficial se encontró grava con poca arena y limo arcilloso color gris, clasificada tipo A-2-6 (0). Tiene 26% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad, sus granos pasan de 10% el tamiz No.4 y 2% el tamiz No.200.

En la calicata 2 superficialmente se encontró el tipo de suelo grava con poca arena y limo color gris clasificada tipo A-2-4 (0). Tiene 25% de límite líquido y 8% de índice de plasticidad, sus granos pasan 16% el tamiz No.4 y 3% el tamiz No.200.

Bajo el estrato superficial se encontró grava con poca arena y limo arcilloso color gris, clasificada tipo A-2-6 (0). Tiene 27% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad, sus granos pasan de 16% el tamiz No.4 y 3% el tamiz No.200.

En la calicata 3 se encontró gravas con poca arena y limo color gris clasificada tipo A-2-4 (0). Tiene 24% de límite líquido y 8% de índice de plasticidad, sus granos pasan 7% el tamiz No.4 y 1% el tamiz No.200.

A este banco se le realizó en muestras compactadas al 90%, 95% y 100% la prueba Próctor Estándar (martillo de 5 libras, 12" de caída) y ensayos de penetración CBR. Los resultados obtenidos en diferentes pruebas y en la prueba de CBR fueron los siguientes:

Muestra No.	Tipos de Suelo	LL, %	IP, %	Pasa Tamiz No. 4, %	Pasa Tamiz No. 200	CBR, %		
						90%	95%	100%
5	A-2-4 (0)	24	8	7	1	26.13	40.02	103.50

### 2.11.8.2. Banco Los Angulo

En la calicata 1 el material corresponde principalmente de 0 a 3.00 m de profundidad a una arena gravo limosa color gris claro, tipo A-1-a (0). Este material es no plástico, sus granos pasan 61% el tamiz No.4 y 15 % el tamiz No.200.

En la calicata 2 se encontró el tipo de suelo arena grava limosa color gris claro clasificada tipo A-1-a (0). Este material es no plástico, sus granos pasan 64% el tamiz No.4 y 15% el tamiz No.200.

En la calicata 3 se encontró superficialmente arena grava limosa color café clasificada tipo A-2-7 (0). Tiene 41% de límite líquido y 11% de índice de plasticidad, sus granos pasan 77% el tamiz No.4 y 17% el tamiz No.200.

Bajo el estrato superficial se encontró arena grava limosa color gris claro, clasificada tipo A-1-b (0). Este material es no plástico, sus granos pasan de 79% el tamiz No.4 y 19% el tamiz No.200.

A este banco se le realizó en muestras compactadas al 90%, 95% y 100% la prueba Próctor Estándar (martillo de 5 libras, 12" de caída) y ensayos de penetración CBR. Los resultados obtenidos en diferentes pruebas y en la prueba de CBR fueron los siguientes:

Muestra No.	Tipos de Suelo	LL, %	IP, %	Pasa Tamiz No. 4, %	Pasa Tamiz No. 200	CBR, %		
						90%	95%	100%
1, 2	A-1-a (0)	N.P	N.P	61 - 64	15	26.88	36	53.10

### 2.11.8.3. Banco La Mina

En la calicata 1 el material corresponde principalmente de 0 a 0.60 m de profundidad a una arcilla con arena y poca grava color café claro, tipo A-7-5 (25). Tiene 60% de límite líquido y 28% de índice de plasticidad, sus granos pasan 94% el tamiz No.4 y 79% el tamiz No.200.

Bajo el estrato superficial de 0.60 m a 1.00 m se encontró arena gravosa con poco limo color gris, clasificada tipo A-1-a (0). Este material es no plástico, sus granos pasan de 73% el tamiz No.4 y 11% el tamiz No.200.

En la calicata 2 el material corresponde principalmente de 0 a 0.70 m de profundidad a una grava arenosa con poco limo color café oscuro, tipo A-1-a (0). Tiene 29% de límite líquido y 6% de índice de plasticidad, sus granos pasan 28% el tamiz No.4 y 3% el tamiz No.200.

Bajo el estrato superficial de 0.70 m a 1.00 m se encontró grava arenosa con poco limo color café claro, clasificada tipo A-2-4 (0). Tiene 33% de límite líquido y 10% de índice de plasticidad, sus granos pasan 23% el tamiz No.4 y 5% el tamiz No.200.

En la calicata 3 se encontró superficialmente grava areno limosa color café claro clasificada tipo A-2-6 (0). Tiene 39% de límite líquido y 16% de índice de plasticidad, sus granos pasan 30% el tamiz No.4 y 12% el tamiz No.200.

Bajo el estrato superficial de 0.60 m a 1.00 m se encontró grava con poca arena y limo color gris claro, clasificada tipo A-2-4 (0). Tiene 30% de límite líquido y 10% de índice de plasticidad, sus granos pasan 9% el tamiz No.4 y 2% el tamiz No.200.

La muestra de material tomada del corte para explotación, corresponde a una grava con poca arena color gris, tipo A-1-a (0). Tiene 27% de límite líquido y 6% de índice de plasticidad, sus granos pasan 8% el tamiz No.4 y 1 % el tamiz No.200.

A este banco se le realizó en muestras compactadas al 90%, 95% y 100% la prueba Próctor Estándar (martillo de 5 libras, 12" de caída) y ensayos de penetración CBR. Los resultados obtenidos en diferentes pruebas y en la prueba de CBR fueron los siguientes:

Muestra No.	Tipos de Suelo	LL, %	IP, %	Pasa Tamiz No. 4, %	Pasa Tamiz No. 200	CBR, %		
						90%	95%	100%
Del corte	A-1-a (0)	27	6	8	1	42.58	85	104.7



## Resumen de resultados de ensayos CBR

### Cuadro No.5: Banco El Polvorín

CALICATA	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	ENSAYES ADICIONALES							
			L.L %	L.P %	I.P %	Clasificación H.R.B	% Desgaste Los Angeles	% Intemperismo	% Absorción	Tipo de Suelo
<b>BANCO EL POLVORIN</b>										
1	1	0.00 - 0.50	24	12	12	A-2-6 (0)	42.60	69.99	2.73	Grava con poca arena y limo arcilloso color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 69.99%.
	2	0.50 - 2.00	26	14	13	A-2-6 (0)	45.60	74.99	2.88	Grava con poca arena y limo arcilloso color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 74.99%.
2	3	0.00 - 0.70	25	17	8	A-2-4 (0)	31.60	46.02	2.88	Grava con poca arena y limo color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 46.02%.
	4	0.70 - 2.00	27	15	13	A-2-6 (0)	44.00	71.16	3.97	Grava con poca arena y limo arcilloso color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 71.16%.
3	5	0.00 - 2.00	24	17	8	A-2-4 (0)	28.50	44.73	3.98	Gravas con poca arena y limo color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 44.73%.

**Cuadro No.6: Banco Los Angulo**

CALICATA	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	ENSAYES ADICIONALES							
			L.L %	L.P %	I.P %	Clasificación H.R.B	% Desgaste Los Angeles	% Intemperismo	% Absorción	Tipo de Suelo
<b>BANCO LOS ANGULO</b>										
1	1	0.00 - 3.00	NP	NP	NP	A-1-a (0)	67.00	21.20	21.30	Arena gravo limosa, color gris claro, N/P (No Plástico)
2	2	0.00 - 3.00	NP	NP	NP	A-1-a (0)	66.20	19.80	20.30	Arena gravo limosa, color gris claro, N/P (No Plástico)
3	3	0.00 - 1.00	41	30	11	A-2-7 (0)	55.90	17.20	19.60	Arena gravo limosa, color café
	4	1.00 - 3.00	NP	NP	NP	A-1-b (0)	70.20	20.60	22.40	Arena gravo limosa, color gris claro, N/P (No Plástico)

**Cuadro No.7: Banco La Mina**

CALICATA	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	ENSAYES ADICIONALES							
			L.L %	L.P %	I.P %	Clasificación H.R.B	% Desgaste Los Angeles	% Intemperismo	% Absorción	Tipo de Suelo
<b>BANCO LA MINA</b>										
1	1	---	27	21	6	A-1-a (0)	21.40	7.52	1.08	Grava con poca arena, color gris

### **2.11.9. Caracterización del material de la sub-rasante**

Con la información de caracterización geotécnica de muestras tomadas a lo largo de la línea, permitió conocer los valores de CBR para cada una de las diferentes estaciones que fueron muestreadas.

Los resultados de los ensayos de Capacidad Portante (CBR), ejecutados sobre los sondeos en la línea nos muestran CBR que oscilan en un rango de 2 y 6, los límites líquidos del suelo existente en su mayoría son altos siendo el mayor de 84 e igualmente los límites plásticos siendo el valor más alto de 51.

Los suelos existentes contienen en su mayoría un considerable contenido de arcilla, dicho suelo es expansivo y no es recomendable tenerlo en el diseño por ser suelos finos.

El suelo con propiedades expansivas, es decir, suelo fino, tal es el caso de la arcilla, son suelos que a través del tiempo generan fallas a la estructura de pavimento lo cual es un problema difícil de corregir, de igual manera el mantenimiento es costoso, por tal razón es más factible traer un material que no presente alto contenido de arcilla y un CBR conveniente para subrasante lo cual aseguraría un diseño responsable.

Por dicho motivo, se propone utilizar material del Banco Los Angulo ubicado en San Pablo sobre el tramo en estudio.

En una capa de 20 cm de espesor en los 17.30 km que abarca el tramo (La Trinidad la Boquita – San Rafael del Sur); el banco presenta un CBR de 36 el cual será utilizado para el diseño, y un volumen de  $100,282.5m^3$ , dicho volumen es suficiente para abarcar todo el tramo.

## **III CAPITULO: ESTUDIO DE TRÁFICO**

### **3.1. Generalidades**

El estudio de tránsito es un elemento principal ya que para la elaboración de cualquier tipo de diseño de pavimento se debe analizar cuantitativamente y cualitativamente las características del tramo en estudio.

La determinación del tráfico es de vital importancia para poder proyectar otras actividades tales como, realizar el diseño adecuado de la estructura de pavimento y la evaluación del proyecto, ya que gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operación vehicular.

El desarrollo de este estudio contempla los siguientes alcances:

- Volúmenes de tránsito y tipología
- Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual(TPDA)
- Proyecciones de tránsito futuro
- Determinación de los ejes equivalentes de carga

### **3.2. Estaciones de conteo**

Para realizar una correcta y completa medida de las constantes vitales del tráfico a lo ancho y a lo largo de la red viaria, se recurre al establecimiento de una serie de estaciones dedicadas al aforo de vehículos y situadas en puntos estratégicos previamente escogidos. De acuerdo al Anuario de trafico 2010. MTI se conocen las siguientes estaciones:

#### **3.2.1. Estaciones Permanentes**

Se realizan aforos dos veces al año durante 24 horas, de esta forma se conoce la intensidad del tráfico durante los períodos de verano e invierno durante el año. Estas estaciones permiten un conocimiento de las variaciones típicas del tráfico (estacionales, semanales y diarias) y de la frecuencia de las intensidades

horarias a lo largo del año, así como la obtención de las tendencias del tráfico a largo plazo.

El número total de estaciones depende de las características de la red y de las disponibilidades económicas de la Institución.

### **3.2.2. Estaciones de Control**

Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales para establecer unas leyes que puedan aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines. En nuestro país estas estaciones se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que en una estación permanente. Sin embargo su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia de las estaciones Sumarias.

### **3.2.3. Estaciones Sumarias**

En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 a.m. a 6 p.m.) en períodos de tres días (Martes-Miércoles-Jueves) generalmente en todo el transcurso del año y se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno. Se realizan aforos en caminos que no han sido pavimentados, pero que tienen una afluencia vehicular moderada.

### **3.3. Volumen y clasificación vehicular**

La medición de los volúmenes de tránsito del flujo vehicular se obtiene por medio de conteos volumétricos en el campo, también por encuestas de origen y destino de los usuarios, a través de estos estudios tendremos como resultado el flujo vehicular y la demanda del camino, lo cual se utilizara para realizar el diseño.

Los tipos de vehículos de transporte de carga se clasifican de acuerdo a la configuración y disposición, que cada uno de ellos tienen en sus ejes y a las posibles combinaciones que se realicen, las cuales están restringidas por el diagrama permisible de cargas vigente. Dado por la Dirección General de

Vialidad (DGV). Departamento de peso y dimensiones. Según el MTI se presenta la siguiente clasificación para el país.

### **3.3.1. Tipos de vehículos**

La clasificación vehicular en las tres estaciones de aforo comprenderá los vehículos livianos, vehículos pesados de pasajeros y los pesados de carga.

- Bicicletas:  
Son vehículos de dos ruedas no motorizados.
  
- Motos:  
Son vehículos automotores de dos ruedas.
  
- Vehículos Livianos:  
Son los vehículos automotores de cuatro ruedas, que incluyen los Automóviles, Camionetas, Pick-Ups, Jeep y Microbuses de uso particular.
  
- Vehículos Pesados de Pasajeros:  
Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros), Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.
  
- Vehículos Pesados de Carga:  
Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, ocho y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C<sub>x</sub>R<sub>x</sub>) y los vehículos articulados de ocho y seis ejes de los tipos (T<sub>x</sub>S<sub>x</sub>).

- Vehículos Pesados:  
Incluyen los vehículos de construcción y los vehículos agrícolas.
- Otros:  
Son los Vehículos livianos con un tráiler y los de tracción animal.

*La tabla No.6 en anexos, presenta los tipos de vehículos y su descripción de conformidad con la Revista "Anuario de Aforos 2010. MTI.*

### **3.4. Volúmenes de tránsito**

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Estos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad de servicio prestado a los usuarios. Los volúmenes de tránsito se clasifican de la siguiente manera:

#### **3.4.1. Tránsito Horario (TH)**

Es el número de vehículos que pasan por un punto durante una hora.

#### **3.4.2. Tránsito Diario (TD)**

Es el número total de vehículos que pasan por un punto durante un día.

#### **3.4.3. Tránsito Semanal (TS)**

Es el número de vehículos que pasan por un punto durante una semana.

#### **3.4.4. Tránsito Mensual (TM)**

Es el número de vehículos que pasan por un punto durante un mes.

#### **3.4.5. Tránsito Anual (TA)**

Es el número de vehículos que pasan por un punto durante un año.

### **3.5. Ajuste y expansión de volúmenes de tránsito**

Para estimar los valores del TPDA correspondiente a los datos obtenidos en los conteos en las estaciones de corta duración o conteo sumario, se aplicaran los factores correspondientes de los valores de los volúmenes de tráfico encontrados en las estaciones de mayor cobertura. Partiendo de la dependencia de las estaciones de corta duración o conteo sumario.

Los factores para el cálculo del TPDA según el Anuario de Aforo de Tráfico del MTI 2010 (*ver en anexos tabla No.7*), en las estaciones de corta duración y estaciones de conteo sumario, dependiendo de los días que realice los aforos se utilizan lo siguiente:

#### **3.5.1. Factor día**

Corresponde a expandir el tráfico de 12 horas a tráfico de 24 horas se obtiene mediante los resultados correspondientes de las estaciones de mayor cobertura de 24 horas.

#### **3.5.2. Factor semana**

El factor para expandir el resultado obtenido para un periodo corto de tres días de la semana a los promedio semanales (7 días).

#### **3.5.3. Factor fin semana**

Es el factor para expandir un conteo realizado durante el fin de semana a los 7 días de la semana.

### **3.6. Tasa de crecimiento (TC)**

Es el incremento anual del volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentaje. Se determina en base a los datos de las estaciones de conteo, extrapolando la tendencia de los datos estadísticos.

El pavimento debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda del tránsito durante un período de años (Tránsito de Diseño, TD).



### **3.7. Proyección del tráfico vehicular**

La necesidad de datos, en base a las estimaciones del tráfico esperado para el diseño de carreteras modernas aumenta en función del costo de inversión. Las estimaciones confiables del tráfico futuro proporcionan la premisa en la cual los diseños económicos pueden ser desarrollados, así como la provisión de las bases para los diseños que estarán relacionadas con las demandas del tráfico.

Tránsito futuro se le conoce y denomina de esta manera al tráfico que encontramos a  $n$  años hacia adelante y que existe la confianza de que esos valores estén presentes en el proyecto de análisis obviamente con un rango de error en el campo positivo o negativo en la medida en que el tránsito tenga un comportamiento compatible con los datos y valores utilizados para su determinación o proyección.

Siempre el tráfico futuro será un tráfico calculado ya que no es posible medir este tráfico sin que el proyecto esté en funcionamiento, sirve conceptualmente el conocimiento de los hábitos y comportamiento del tráfico anterior en el proyecto o proyectos tomados como base; otra manera de proyectar el tráfico vehicular es por medio de un análisis de tipo económico utilizando el producto interno bruto (PIB)

En la mayoría de eventos, hechos históricos, variables generales, los valores que se van teniendo en años hacia adelante responde a un modelo de comportamiento del periodo anterior, por lo general estos eventos, hechos y variables no tienen cambios regulares, saltos extraordinarios sino que obedecen en muchas circunstancias a un modelo regular.

### **3.8. Tipos de tránsito**

#### **3.8.1. Tránsito normal**

Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito en las vías existentes, aunque no se lleve a cabo un proyecto. Es calculado aplicándose las tasas de crecimiento, obtenidas a través del análisis por métodos estadísticos del tránsito del pasado.

### **3.8.2. Tránsito desarrollado**

Es el volumen de tránsito que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia.

### **3.8.3. Tránsito atraído**

Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito, desviado de otras carreteras u otros medios de transporte (tránsito generado), a la carretera proyectada (nueva o mejorada) en virtud de un menor costo de transporte.

### **3.8.4. Tránsito total**

Lo conforma la suma del tránsito normal, más la adición de los tránsitos normal, generado y atraído.

### 3.9. Resultados del estudio

#### 3.9.1. Estaciones de conteo

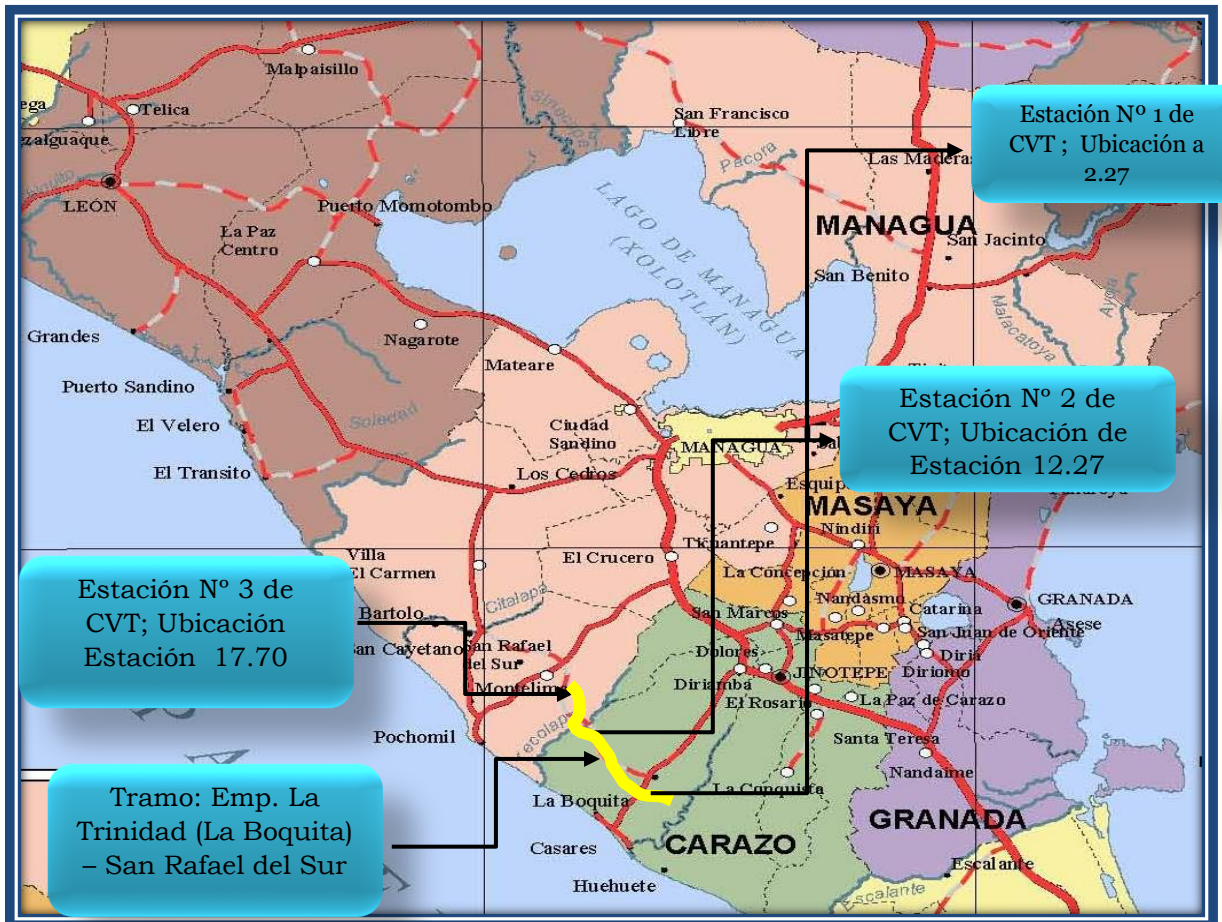
Para recolectar los datos de campo del conteo Vehicular, se situaron tres estaciones de conteo dos sobre el camino en estudio y la estación N° 3 sobre el tramo San Rafael del Sur – San Pablo en el kilómetro 17+700 del camino.

**Cuadro No.8 Estaciones de conteo**

Camino: NIC-34B		
Tramo: Empalme la Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur (17.30 km).		
Estación N°	Ubicación	Días de 12 Horas de CVT
N° 1	02+270 km del Inicio del Tramo	Sa, Do, Lu, Ma y Mi
N° 2	12+270 Km del Final del Tramo	Sa, Do, Lu, Ma y Mi
N° 3	17+700 km tramo San Rafael del sur-San Pablo	Sa, Do, Lu, Ma y Mi

CVT: *Conteo de volumen de tránsito.*

**Gráfico No.3 Localización de estaciones de aforo N° 1, N° 2 y N° 3**



### **3.9.2. Tránsito promedio diario anual. TPDA**

El TPDA es uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras, siendo el volumen de vehículos que pasan por una sección en un tiempo de 365 días, que varía en los días por las demandas de los usuarios.

La estimación de este importante indicador de tráfico para el tramo en estudio se basa en cinco días continuos de conteo durante 12 horas entre las 6 a.m. y 6 p.m. haciéndose en un día de los cinco, un conteo de 24 horas.

Los conteos se efectuaron entre el 12 de junio del 2017 y el 17 del mismo mes incluyendo sábado y domingo del período. El conteo de 24 horas fue realizado el día viernes 17 de junio. Para obtener el TPDA se deben encontrar los resultados del siguiente orden

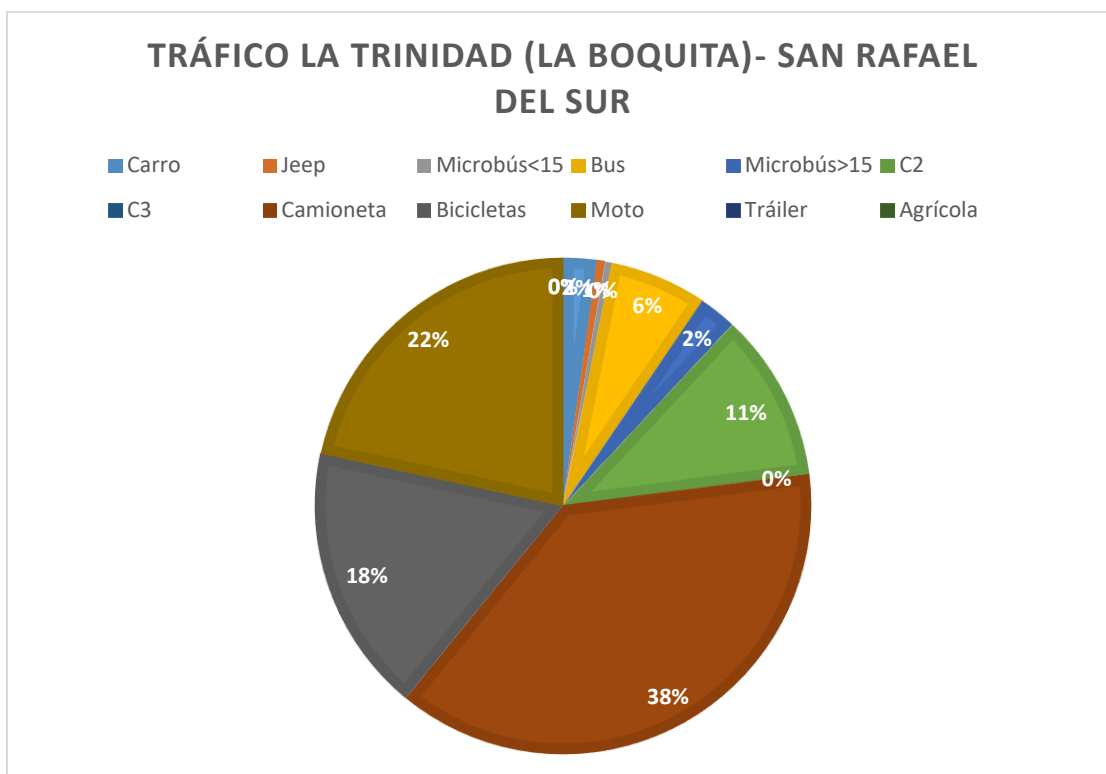
- ✓ Aplicar factores de ajuste de conteos de 12 horas a 24 horas.
- ✓ Utilizar factores de expansión semanal, mensual y anual, para establecer el TPDA base de las proyecciones

**Cuadro No.9 Conteo vehicular clasificado y redondeado**  
**Total y promedio. Período: Lunes 12/06/2017 – Viernes 21/06/2017**

<b>No.</b>	<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Total de vehículos</b>	<b>Promedio 5 días</b>	<b>Promedio redondeado</b>	<b>% Promedio redondeado</b>
1	Carro	28	5.6	6	2
2	Jeep	7	1.4	1	0
3	Microbús<15	6	1.2	1	0
4	Bus	83	16.6	17	7
5	Microbús>15	32	6.4	6	2
6	C2	143	28.6	29	11
7	C3	9	1.8	2	1
8	Camioneta	495	99	99	38
9	Bicicletas	228	45.6	46	18
10	Moto	282	56.4	56	21
11	Tráiler	0	0	0	0
12	Agrícola	0	0	0	0
<b>Total 5 días</b>		<b>1305</b>	<b>263</b>	<b>263</b>	<b>100</b>

Se muestra de manera clara que las motocicletas son el 22% y las camionetas de tina con el 38% alcanzan el 60% del total. Los automóviles compiten solo con el 2% situación contraria a los registros de vías de mejores condiciones que alcanzan valores superiores al 60%.

**Grafico No.4 Tráfico La trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur**



**Cuadro No. 10 Conteo vehicular clasificado**  
**Porcentaje direccional    Período: Lunes 12/06/2017 – Viernes 16/06/17**

No.	Tipo de vehículo	Sentido		Total	%
		Empalme La Trinidad – San Rafael del Sur	San Rafael del Sur- Empalme La Trinidad		
1	Carro	14	14	28	2%
2	Jeep	7	0	7	0%
3	Microbús	4	2	6	0%
4	Bus	40	43	83	7%
5	Microbús>15	11	21	32	2%
6	C2	113	30	143	11%
7	C3	1	0	1	0%
8	Camioneta	238	257	495	38%
9	Bicicleta	138	90	228	18%
10	Moto	144	138	282	22%
<b>Total</b>		<b>710</b>	<b>595</b>	<b>1305</b>	<b>100%</b>
<b>% por sentido</b>		<b>54%</b>	<b>46%</b>	<b>100%</b>	

El factor direccional que tomaremos para este estudio será el mayor es decir 54%.

### 3.9.3. Conteo nocturno

Para completar un día de 24 horas de conteos de tráfico se hizo un conteo nocturno de 12 horas, entre las 6:00 p.m. del viernes 16 de junio del 2017, en el cual en ese día se realizó el respectivo conteo y el sábado 17 a las 6:00 am; dando como resultado un total de vehículos cuya distribución horaria y tipología se presenta en el cuadro No.11.

**Cuadro No.11 Conteo de 12 horas nocturnas y clasificación**

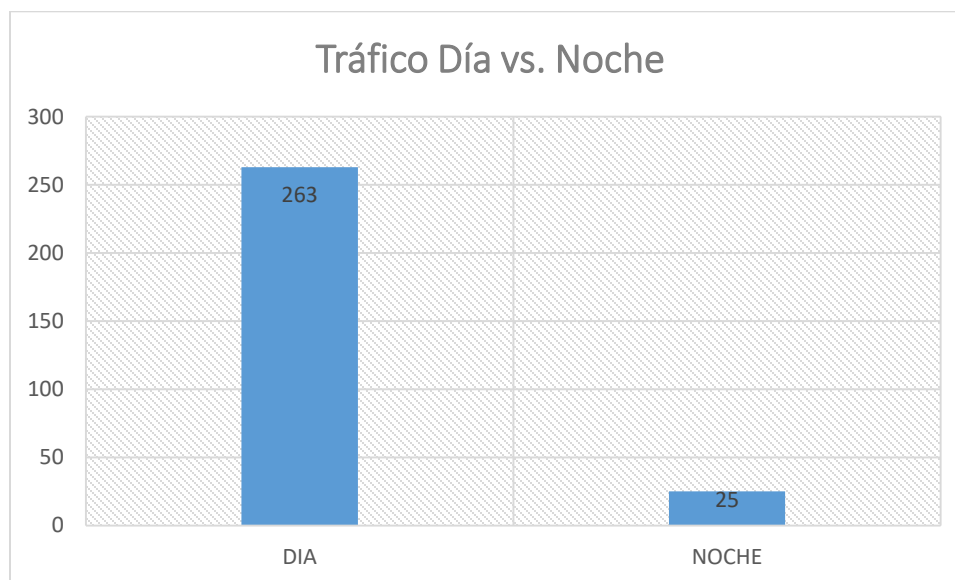
HORA	VIERNES 16/06/17		SABADO 17/06/17		TOTAL
	SALIDAS	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADAS	
6-7pm	1	2	-	-	3
7-8pm	6	2	-	-	8
8-9pm	3	-	-	-	3
9-10pm	6	-	-	-	6
10-11pm	1	-	-	-	1
11-12pm	0	-	-	-	0
12-1am	-	-	0	-	0
1-2am	-	-	0	-	0
2-3am	-	-	0	-	0
3-4am	-	-	0	-	0
4-5am	-	-	2	-	2
5-6am	-	-	2	-	2
<b>Total veh.</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>25</b>



**Cuadro 11.1 Clasificación nocturna**

TIPO	CANTIDAD
BUS	6
CAMIONETA	7
BICICLETA	1
MOTO	11
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>

**Grafico No.5 Trafico Día vs. Noche**



Al TPD de las encuestas hay que ajustarlo a la representación anual o TPDA. Se ajustara del día a la semana, de la semana al mes y del mes al año con factores de expansión.

#### **3.9.4. Factores de expansión**

Para el ajuste de los datos recopilados durante los conteos de cinco días de duración, se utilizara los factores provenientes de una estación de la red nacional de conteos de tráfico. La estación a tomar debe tener similitudes en cuanto a volúmenes de tráfico, porcentajes de vehículos pesados C2, porcentaje de vehículos Cx/Tx, entre otros. El sistema de administración de pavimentos del MTI en el 2010 hizo una reestructuración para establecer niveles más aceptables de confiabilidad y calidad de la información generada del anuario de tráfico y de las estaciones y sus dependencias.

La metodología para asignar tramos a las estaciones de conteo se basa en un procesamiento de obtención de información, procesamiento de información, análisis de información, análisis de información en base a datos del tráfico en las diferentes vías del país, porcentaje de vehículos pesados, porcentaje de vehículos livianos, porcentaje de vehículos Cx/Tx, etc.

El vector geográfico corresponde a las divisiones propuestas en base a las estaciones de conteo las cuales son:

- ✓ Pacífico norte.
- ✓ Pacífico sur.
- ✓ Región central.
- ✓ Atlántico norte.
- ✓ Atlántico sur.

El vector total del tráfico se enfatiza más en los porcentajes de vehículos livianos. El vector de vehículos pesados C2, se enfatiza en el porcentaje de vehículos C2 y de igual manera para el vector Cx/Tx.

En base a estos vectores geográficos, vector volumen (TPDA), vector vehículos pesados de carga – C2, vector de la incidencia de camiones de larga distancia – Tx y análisis del comportamiento; se elaboraron matrices en base a los vectores y se clasifican los tramos en las estaciones de conteo por la incidencia generada por dichos vectores. A esto se llama dependencia de estaciones. Una dependencia significa identificación del grado de relación que existe entre diferentes grupos de referencia, en este caso a la estación de conteo.

Para nuestro estudio se analizó la estación de conteo que es la que relativamente puede cumplir con los parámetros la cual es:

**Cuadro No.12 Estaciones de conteo**

<b>Nombre de la estación</b>	<b>No de estación</b>
San Marcos - Masatepe	1802

**Cuadro No. 13 Porcentaje de estaciones de mayor cobertura (EMC)**

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Región	AÑO	TPDA	Total Pesados	Total Tx Cx	% de Livianos	% de Pesados	% Tx Cx en vehículos de carga
1	NIC-1	101B	EMC	Zona Franca - La Garita	PN	2010	16122	4,450	650	72.2%	27.6%	14.6%
2	NIC-1	107	EMC	Sébaco - Emp. San Isidro	CN	2010	4334	1,248	327	66.8%	33.0%	28.1%
3	NIC-2	200	EMC	Entrada al INCAE - El Crucero	PN	2010	6412	1,130	332	82.2%	17.6%	29.4%
4	NIC-3	300	EMC	Sébaco - Quebrada Honda	CN	2010	3538	1,105	133	68.7%	31.2%	12.0%
5	NIC-4	401	EMC	Masaya - Granada	PS	2010	6080	981	71	83.7%	16.1%	7.2%
6	NIC-7	700	EMC	Emp. Camoapa - Tecolostote	CN	2010	2097	844	145	59.5%	40.3%	17.1%
7	NIC-12A	1205	EMC	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	PN	2010	7384	2,375	938	67.3%	32.2%	39.5%
8	NIC-18A	1802	EMC	San Marcos - Masatepe	PS	2010	4936	734	40	85.0%	14.9%	5.4%
9	NIC-24A	2404	EMC	Chinandega - Corinto	PN	2010	2893	975	592	65.7%	33.7%	60.7%
10	NIC-24B	2400	EMC	Chinandega (Rotonda) - Ranchería	PN	2010	2831	951	422	65.1%	33.6%	44.4%
11	NIC-28	2803	EMC	Nagarote - La Paz Centro	PN	2010	5553	1,938	840	64.8%	34.9%	43.3%

*Fuente: Anuario de tráfico MTI 2010*

Para el tramo en estudio se obtuvo un porcentaje de vehículos livianos de 86%, para vehículos pesados Cx se obtuvo un 14% y para CxTx se obtuvo un 0%. Con estos datos se puede ver claramente en comparación con el cuadro anterior que la estación que tiene más similitud es la estación No.1802.

Por estos motivos y siguiendo el análisis presentado por el sistema de administración de pavimentos del MTI quienes generan el anuario de tráfico se utilizó la estación 1802. *Ver en anexo tabla No.8 la dependencia de la estación 1802.*

Los factores de expansión que se usaran para el cálculo del TPDA, serán los del segundo trimestre (mayo-agosto), ya que los conteos se hicieron en el mes de junio. *Ver en Anexos factores de expansión tabla No.7. Anuario de tráfico 2010.MTI.*

**Cuadro No.14 Identificación de ajustes**

Identificación de ajustes	Año base
Transito promedio 5 días de encuesta 263 veh/día	263
Transito diurno de 12 horas del 16/06/17 vpd	146
El 16/06/17 conteo nocturno 2 veh. (12hrs)	25
Vehículos totales diurno + nocturno= 146 +25 = 171	171
Factor de 24 hrs 25/146	17%

**Cuadro No. 15 Total de vehículos por factor nocturno**

No.	Tipo de vehículo	Prom. De vehículo redondeado (12hrs)	Total de veh.(F.24hrs veh/día)
1	Carro	6	7
2	Jeep	1	1
3	Microbús<15	1	1
4	Bus	17	20
5	Microbús>15	6	7
6	C2	29	34
7	C3	2	2
8	Camioneta	99	116
9	Bicicletas	46	54
10	Moto	56	66
11	Tráiler	0	0
12	Agrícola	0	0
<b>Total 5 días</b>		<b>263</b>	<b>308</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

En el siguiente cuadro se presenta el cálculo del TPDA:

**Cuadro No.16 Transito promedio diario anual (veh/día)**

No.	Tipo de vehículo	Total de vehículos	Total de veh por factor de expansión
1	Carro	7	7
2	Jeep	1	1
3	Microbús<15	1	1
4	Bus	20	22
5	Microbús>15	7	7
6	C2	34	39
7	C3	2	2
8	Camioneta	116	113
9	Bicicletas	54	54
10	Moto	66	65
11	Tráiler	0	0
12	Agrícola	0	0
<b>TPDA</b>			<b>311 veh/día</b>

*Fuente: Ver anexo tabla No.7 Factores de expansión de trafico 2010.MTI.*

### 3.9.5. Proyecciones de tránsito

Los factores de proyección siempre han sido aspectos difíciles del enfoque del comportamiento futuro de los flujos vehiculares; comprenden aspectos del crecimiento del tráfico actual del proyecto conjugado con lo socioeconómico del desarrollo económico, social y ambiental de la zona de influencia.

El método usualmente empleado para alcanzar este propósito se basa en tasas de crecimiento de carreteras y caminos relacionados con el proyecto que incluyen variables socioeconómicas como el crecimiento del producto interno bruto (PIB), el consumo de combustible automotor a nivel departamental y nacional, las tendencias del crecimiento del parque automotor y el crecimiento poblacional entre los más importantes.

A continuación se presenta un cuadro donde aparecen algunas tasas de crecimiento de proyectos ya construidos que tienen similitud con el tramo en estudio en sus características físicas, sociales, económicas, clasificación funcional, TPDA históricos y condiciones de la zona.

**Cuadro No. 17 Tasas históricas seleccionadas de crecimiento de tránsito seleccionado.**

Proyecto	Tasas de crecimiento
San Sebastián de Yali - Condega	4.5% con proyecto
Esquipulas – Muy Muy	4.5% con proyecto
Llanos de Colon – La Concordia	3% sin proyecto y 7% con proyecto
San Ramón – Muy Muy	2.5 sin proyecto y 5% con proyecto

*Fuente: Oficina de Pre-inversión. MTI.*

Se puede observar que las tasas de crecimiento oscilan entre 4.5% Y 7%.



**Cuadro No.18 Tasas historicas de las estaciones permanentes.**

No.	Estación Permanente	Tasas Crecimiento
101B	Zona Franca – La Garita	2.08 %
107	Sébaco – Emp. San Isidro	3.04 %
200	Ent. INCAE – El Crucero	2.52 %
300	Sébaco – Quebrada Honda	4.94 %
700	Emp. Camoapa – Tecolostote	5.73 %
1205	Emp. Chichigalpa – Chinandega	4.73 %
1802	San Marcos - Masatepe	5.36%
2803	Nagarote - La Paz Centro	1.43 %
401	Masaya - Granada	0.37%
2404	Chinandega – Corinto	3.73%

*Fuente: Anuario de trafico 2010. MTI.*

Otra fuente de información se encuentra en el registro que a nivel nacional llevaron las estaciones permanentes de conteos de tráfico en específico la estación de conteo #1802

### **3.9.6. Proyección del tránsito normal. Tasa de crecimiento**

Y como se puede notar por medio de las descripciones anteriores estas tasas de crecimiento fueron utilizadas en los estudios de proyecto que fueron diseñados y aprobados y que a la vez coinciden en condiciones similares según la estación #1802, de la cual el camino en estudio es dependiente de esta estación.

Con todos estos datos que se presentaron anteriormente y notando que el tramo en estudio es una colectoras secundaria, el municipio está carente de recursos para el desarrollo, la zona de estudio presenta dificultades de progreso debido a sus niveles de pobreza, los TPDA históricos reflejados en el anuario de tráfico 2010 del MTI crecen progresivamente y la tasa de crecimiento poblacional Empalme La Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur es de 2.5%, un porcentaje mayor al promedio nacional que oscila entre el 1 y 2 % esto indica que la población crece gradualmente.

En este estudio aplicaremos una **tasa de crecimiento del 3%** que en comparación a los otros tramos es aún más baja debido a las condiciones que se presentan en el tramo de estudio.

### **3.9.7. Proyección del tránsito desarrollado**

El tránsito desarrollado es determinado a través de los factores económicos y poblacionales de la zona en estudio, estos factores son aplicados al tráfico normal y de esta manera se calcula el tráfico desarrollado. Este tráfico representa la generación de viajes dadas las mejoras en las condiciones de la vía.

El MTI establece que dichos factores no deben sobrepasar del 10% y que se toma en base del producto interno bruto de la zona, al desarrollo que tiene el lugar, la tasa de crecimiento tanto vehicular como poblacional, entre otros factores. El libro “Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones de Rafael Cal y Mayor R James Cárdenas” recomienda valores en un rango de 5%-25% del tráfico normal.

Debido a las características de la localidad del tramo en estudio anteriormente presentadas, se utilizará un factor del 5% para el tránsito desarrollado, tomando en cuenta el rango más bajo del libro de ingeniería de tránsito y recomendaciones del MTI.

### **3.9.8. Proyección del tránsito atraído**

No existe el tránsito atraído en este proyecto, ya que por su localización no tiene otras opciones de accesos hacia el tramo La Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur.

### **3.9.9. Tránsito total**

El tránsito Total lo conforma la suma del tránsito normal, más la adición de los tránsitos desarrollado y atraído, el tránsito total del proyecto, se presenta en el cuadro a continuación:

**Cuadro No.19 Transito total.**

No.	Tipo de vehículo	Total de vehiculos	Transito Desarrollado (5%)	Transito Total
1	Carro	7	0	7
2	Jeep	1	0	1
3	Microbus<15	1	0.5	1
4	Bus	22	1	23
5	Microbus>15	7	0	7
6	C2	39	2	41
7	C3	2	0	2
8	Camioneta	113	6	119
9	Bicicletas	54	3	57
10	Moto	0	0	0
11	Trailer	0	0	0
12	Agricola	0	0	0

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.9.10. Periodo de diseño

Es el tiempo para el cual se está proyectando que el pavimento reciba la acción del tráfico determinado, al finalizar este periodo.

**Cuadro No.20 Período de análisis por tipo de carretera**

Tipo de carretera	Periodo de Análisis. (Años)
Urbana de alto volumen	30-50
Rural de alto volumen	20-50
Tratada superficialmente de bajo volumen	10-20

*Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93*

### 3.9.11. Repeticiones de carga (Esaes)

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden en igual forma de diferente manera a igual carga.

Esta carga uniformizada según la AASHTO es de 80 KN o 18 Kips y la conversión se hace a través de factores equivalentes de carga LEF (Load Equivalent Factor).

Así el factor equivalente de carga o LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de Serviciabilidad, causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje.

### 3.9.12. Factor equivalente de carga por eje

El cálculo del factor equivalente de cargas por eje ( $F_e$ ) define el daño que causa la pasada de un eje determinado, relativo al daño que causa al pavimento la carga de eje simple estándar de 18,000 libras (8.2 ton). El diseño se basa en el número total de pasada de la carga por eje estándar durante el periodo de diseño.

El Factor de equivalencia por eje simple se calcula por la fórmula:

$Fe = (P/18)^4$  Para el sistema inglés o  $(P/8.2)^{4.5}$  Para sistema internacional (métrico decimal).

Fe = Factor equivalencia de carga por eje

P = Carga del eje simple en miles de libra

18 = Kips

8.2= 8.2 toneladas

### 3.9.13. Distribución del tráfico

El total de vehículos por tipo registrado anteriormente en conjunto con los totales por dirección, nos da el porcentaje de distribución direccional (total por dirección / entre total en ambas direcciones).

**Cuadro No. 21 Factores de distribución por número de carriles**

# de carriles en ambas direcciones	FD
2	50
4	45
6 o más	40

*Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93*

El  $F_D$  que utilizaremos para el tramo en estudio es de 0.54 según el estudio de tráfico. Ver en cuadro No.10 conteo vehicular clasificado. Porcentaje direccional.

### 3.9.14. Factor de carril

Es la relación que existe en la distribución del tráfico cuando dos o más carriles son usados en una sola dirección. Es el carril de diseño que recibe el mayor número de Esales, en una vía de dos carriles cualquiera de los dos carriles puede ser el carril de diseño debido a que forzosamente el tráfico se tiene que desplazar en ambos sentidos, por dicha razón el factor carril será 1.

**Cuadro No. 22 Factores de carriles**

# de carriles en una sola dirección	$LC^{11}$
1	1.00
2	0-80
3	0.60
4	0.5-0.75

*Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93*

El  $F_c$  que tomaremos para el tramo en estudio es de 1.

**3.9.15. Serviciabilidad**

La serviciabilidad se usa en esta sección de tráfico como variable para poder introducirse con tal valor en las tablas de factor de daño y así poder identificar las tablas a usar.

**Cuadro No.23  $P_t$  Recomendado**

$P_t$	Tipo de Carretera
2	Secundarias
2.5	Primarias

*Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93.*

Para el diseño de pavimentos articulados AASHTO define los siguientes valores:

Serviciabilidad inicial  $P_o = 4.2$

Serviciabilidad final  $P_t = 2.5$  o más para caminos principales.

Serviciabilidad final  $P_t = 2$  o más para caminos secundarios.

Para el tramo en estudio tomaremos un índice de **serviciabilidad inicial de 4.2** y un índice de **serviciabilidad final de 2.0** que se usan para carreteras secundarias. Por ende la variación de la serviciabilidad será **2.2**

$$\Delta psi = 4.2 - 2$$

$$\Delta psi = 2.2$$

### **3.9.16. Cálculo de las repeticiones de carga (Esales) ( $W_{t18}$ )**

La variable tráfico se determinó partiendo de los datos del tránsito promedio diario anual (TPDA) y de acuerdo a los porcentajes de distribución de cada tipo de vehículo, estos datos fueron analizados de los resultados del informe de tráfico suministrado por el MTI de la oficina de pre-inversión, para la determinación de los valores Esales no se tomaron en cuenta motocicletas ni bicicletas. En el estudio de tráfico se muestran diferentes consideraciones para la determinación de esta variable, es importante mencionar que el tráfico total está compuesto por el tráfico normal y tráfico desarrollado.

Para la determinación del tráfico normal, se toman como partida los resultados de los conteos volumétricos realizados en puntos estratégicos en el tramo, dado que estos conteos se realizan en periodos muy cortos.

El tráfico desarrollado es determinado a través de los factores económicos y poblacionales de la zona de estudio, estos factores son aplicados al tráfico normal y de esta manera se calcula el tráfico desarrollado. De los factores ya detallo anteriormente en la sección: tránsito desarrollado.

### **3.9.17. Cálculo de los ejes equivalentes de daño (Esales)**

Considerando que los ejes equivalentes de carga son el número de repeticiones de carga equivalentes a 8.2 ton, 18 Kips o 18,000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento, el análisis de las cargas a ser impuestas por el tráfico se basará en la información descrita en el informe de tráfico en función de las consideraciones que a continuación se indican:

- a) Condiciones de carga de los vehículos

Los diferentes vehículos que circularán sobre el nuevo pavimento se consideran que lo harán de acuerdo al diagrama de cargas permisibles, por tipo de vehículo autorizado en Nicaragua, entonces se procede a:

1. Cálculo de los ejes equivalentes con las máximas cargas permisibles autorizadas en Nicaragua por tipo de vehículo.  
*Ver en Anexos tabla No.9 y 10. Configuración de los ejes. Diagramas de cargas permisibles. MTI.*
2. Factores de equivalencia (factor daño) de las cargas en función de su intensidad y de la configuración de los ejes (sencillos, dobles o triples). Estos factores serán obtenidos de las tablas correspondientes del Manual de Diseño de la AASHTO-93 en su anexo D, para los valores de serviciabilidad final  $P_t$  de 2, carreteras secundarias y Numero estructural (SN) de 5.0 para pavimento articulado.
3. Debemos recordar que este es un factor de carga que convierte los pesos por eje de una determinada distribución vehicular a pesos por ejes normalizados de 8.2 ton o 18 Kips. Este factor define el daño causado en un pavimento, por el paso de un eje sencillo en la relación con el daño causado por el paso de una carga de un eje estándar.

Determinando todos los factores anteriormente indicados podemos resumir que los Esales de diseño se estimaran por cada tipo de vehículo de la forma siguiente:

$$\begin{aligned}
 Wt_{18} = & TPDA INICIAL * FACTOR DE CRECIMIENTO \\
 & * FACTOR DE SENTIDO * FACTOR CARRIL \\
 & * FACTOR DE DAÑO
 \end{aligned}$$

Ejecutando la suma de cada resultado por tipo de vehículo se obtienen finalmente las repeticiones de cargas totales en el periodo de análisis.

Se facilitará el cálculo por medio de una hoja de cálculo en Excel que recopilará de forma sencilla y explícita todos los factores que involucra la estimación de los  $Wt_{18}$ .

En la siguiente tabla se presenta el cálculo de los ejes equivalentes de carga:



**Cuadro No.24 Cálculo de Esales**

<b>ECUACIONES</b>	
$T D = T o \times F c \times F d \times F c$ Tránsito de diseño	
$F c = \frac{(1+i)^n}{i} \times 365$	Factor de crecimiento
$F_D =$	0.54
$F_C =$	1
$i =$	3%
$n =$	20
$SN =$	5
$P_t =$	2.0

**Cuadro No.25 Cálculo de ESALES**

Veh	Peso por eje(lbs)	To	Fc	FD	fc	TD	F esal	Esal diseño	En Kips
Carros	2,200.00	7	9,808	0.54	1	37,074	0.00038	14.09	2.2
	2,200.00					37,074	0.00038	14.09	2.2
Jeep	2,200.00	1	9,808	0.54	1	5,296	0.00038	2.01	2.2
	2,200.00					5,296	0.00038	2.01	2.2
Camioneta	2,200.00	119	9,808	0.54	1	630,262	0.00038	239.50	2.2
	4,400.00					630,262	0.00034	214.29	2.4
Bus	11,000.00	23	9,808	0.54	1	121,815	0.1265	15,409.64	11
	22,000.00					121,815	2.35	286,266.10	22
Microbús<15 pasajeros	4,400.00	1	9,808	0.54	1	5,296	0.00034	1.80	4.4
	8,800.00					5,296	0.0502	265.88	8.8
Microbús>15 pasajeros	8,800.00	7	9,808	0.54	1	37,074	0.0502	1,861.13	8.8
	17,600.00					37,074	0.9206	34,130.55	17.6
C2	11,000.00	41	9,808	0.54	1	217,149	0.1265	27,469.36	11
	22,000.00					217,149	2.35	510,300.43	22
C3	11,000.00	2	9,808	0.54	1	10,593	0.0095	100.63	
	36,300.00					10,593	1.4325	15173.9568	36.3
<b>TOTALES</b>	<b>168,300.00</b>	<b>201</b>				<b>2,129,118</b>		<b>891,465.46</b>	

El total de ejes equivalentes para el tramo en estudio es igual a 891,465 Esales.

Ver en anexos. Tablas No. 11 y 12 Factores de daños o factor Esal. AASHTO 93.

## **IV CAPITULO: DISEÑO DE LOS ESPESORES DE PAVIMENTO**

### **4.1. Método de diseño**

En este capítulo se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología recomendada para el diseño estructural de los componentes del pavimento articulado y se determina la combinación de tipos de materiales y espesores de capas más concertadas a las condiciones del diseño.

El método de diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés), en su versión 1993.

El método de diseño enfatiza las variables de tránsito, suelo y clima, las cuales han sido abordadas, dado que cada una de ellas tiene una incidencia particular en el diseño de pavimentos; el tráfico tal y como se ha mencionado nos proporciona las cargas de las cuales estará sometido el pavimento durante el periodo de diseño; la variable suelo, no se refiere únicamente al suelo de fundación, sino también que abarca los materiales con los cuales serán construidas las capas de pavimento de tal manera que las capas puedan soportar las cargas a las que estarán sometidas en el periodo de diseño.

Pero estas variables no son las únicas que utiliza el método, puesto que es un método estadístico que utiliza variables como el error estándar, desviación estándar, otras variables como los índices de serviciabilidad que toman en cuenta el estado inicial de la carretera y el estado esperado al final del periodo de diseño además del confort que brinda a los usuarios.

En el trabajo se abordó cada una de ellas de tal manera que proporciona una idea clara de su ocurrencia y la selección del método presentado.

## 4.2. Ecuación de diseño

La Ecuación de Diseño de la AASHTO-93 para pavimento articulado toma la expresión siguiente:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Dónde:

### 4.2.1. Variables independientes

**W<sub>18</sub>**: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 KN acumuladas en el período de diseño (**n**).

**Z<sub>R</sub>**: Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

**S<sub>o</sub>**: Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

**ΔPSI**: Pérdida de serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (*calidad de acabado*) del pavimento al concluirse su construcción (serviciabilidad Inicial (**p<sub>o</sub>**) y su planitud al final del período de diseño (serviciabilidad Final) (**p<sub>t</sub>**).

**M<sub>R</sub>**: Módulo resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales.

#### **4.2.2. Variable dependiente**

**SN:** Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (*variables independientes*) de diseño.

#### **4.3. Espesores de pavimento**

##### **4.3.1. Determinación de las variables de diseño**

Para la selección de las variables que exige la metodología AASHTO se deben de contar con la información necesaria y procesada, para que de esta manera se tenga una mejor apreciación de las características de tránsito, clima y suelo, del tramo en estudio. A continuación se presentan las variables empleadas en el método:

##### **4.3.1.1. Vida útil**

La vida útil es el periodo comprendido entre la puesta en servicio después de la construcción o rehabilitación y el momento en que alcanza un grado de serviciabilidad mínimo.

##### **4.3.1.2. Periodo de diseño**

Es el tiempo para el cual se está proyectando que el pavimento reciba la acción del tráfico determinado para este periodo, al finalizar este periodo, puede que se necesite realizar una intervención a nivel de rehabilitación, refuerzo u otra intervención para recuperar el nivel de servicio y capacidad estructural de acuerdo al tráfico presente.

Para el tramo en estudio se propone un periodo de diseño de **20 años**.

#### 4.3.1.3. Variable tráfico

La variable tráfico ha sido analizada en la sección correspondiente al tráfico, por lo que en ella se presenta la determinación del tráfico al que estará prestando servicio el pavimento, así como su caracterización por tipo de vehículo, peso y crecimiento.

#### 4.3.1.4. Variables de suelo

Esta variable analiza las características de la sub-rasante y de igual manera las características de los materiales que conformaran las capas de la estructura de pavimento, pues de ellas depende la capacidad estructural que tendrá la estructura de pavimento.

#### 4.3.1.5. Cálculo del CBR de diseño

Dado que el suelo existente muestra valores de CBR bajos debido a que en la mayor cantidad de sondeo los suelos presentan valores de CBR bajos se utilizara material granular del banco Los Angulo que presentan un CBR de 36 para todo el tramo, eliminando la capa superior en un espesor no menor de 55 cm. Debiéndose colocar el material proveniente del banco una capa de al menos 20 cm ya compactada.

#### 4.3.1.6. Confiabilidad en el diseño (R)

Se refiere al grado de certidumbre o de seguridad que el diseño de la estructura de un pavimento pueda llegar al final de su periodo de diseño en buenas condiciones. La Guía AASHTO 93 recomienda diferentes niveles de confiabilidad de acuerdo a su clasificación funcional.

**Cuadro No.26 Clasificación Funcional**

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas y carreteras interestatales	85-99.99	80-99
Aterías principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Calles locales	50-80	50-80

*Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93*

El tramo en estudio se clasifica como una colectoras secundaria y está entre el rango de 75%-95% por lo tanto **se hará uso de un nivel de confianza de 85%** para el tramo en estudio.

El concepto de confiabilidad interviene en el diseño a través de un factor de seguridad el cual es definido por dos variables las cuales son: el factor estadístico de confiabilidad o desviación estándar normal (ZR) y el error estándar combinado (So). El valor ZR depende del nivel de confiabilidad seleccionado. (Ver cuadro No.27)

**Cuadro No.27 Nivel de confiabilidad**

Nivel de confiabilidad	Factor estadístico de confiabilidad Zr	Factor de seguridad Fr. Pavimentos articulados (So=0.45)
50	0.00	1
55	-0.120	1.13
60	-0.253	1.30
65	-0.380	1.48
70	-0.524	1.74
75	-0.674	2.00
80	-0.841	2.39
85	<b>-1.037</b>	2.94
90	-1.282	3.77
95	-1.645	5.53
99	-2.327	11.15
99.9	-3.090	24.58

Fuente: Diseño de Pavimento AAASHTO 93

Por lo tanto se elige para el tramo en estudio un **ZR = -1.037**

#### **4.3.1.7. Desviación estándar total (So)**

Esta variable considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño. Una vez seleccionado el nivel de confiabilidad se debe considerar el valor del error estándar combinado (So), de manera que represente las condiciones locales.

Esta variable considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño. La desviación estándar es la medida de la desviación de los datos con respecto a la media, a menor desviación más cerca estarán los datos del valor medio.

La Guía AASHTO 93 recomienda adoptar valores de  $S_o$  comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

- ✓ 0.45 para construcciones nuevas
- ✓ 0.49 sobre carpetas

Debido a que es diseño de una carretera y no un recarpeteo utilizaremos una **desviación estándar de 0.45.**

#### **4.3.1.8. Drenaje**

Esta variable se considera a través de los coeficientes de capas, los cuales se ajustan con valores mayores o menores a la unidad, para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo de humedad cercana a la saturación a los cuales estarán expuestas las capas granulares. En Nicaragua se utiliza el valor correspondiente a la unidad,  $m = 1$ , ya que las pruebas de los CBR se realizan en estado saturado.

#### **4.3.1.9. Módulo resiliente**

La base para la caracterización de los materiales de sub-rasante es el módulo resiliente, en el cual se cuantifica la capacidad soporte del pavimento obteniéndose así los coeficientes estructurales o capas.

El Módulo resiliente proporciona una propiedad del material que presenta mucho mejor el comportamiento de los suelos y bases bajo cargas en movimiento. La obtención del Módulo resiliente se hará por medio de los nomogramas de la AASHTO. *Ver anexos. Gráficos No.6, 7 y 8.*

#### **4.3.1.10. Coeficientes estructurales o capas**

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

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

El método AASHTO 93 designa la aplicación de nomogramas para la estimación de estas variables, dependiendo si se conoce el módulo de elasticidad del asfalto.

Se eligió el formato de la AASHTO, debido a que la distribución de cargas y modos de falla de los pavimentos con adoquines entrelazados de concreto son muy similares a los que ocurren en pavimentos flexible, razón por la cual se utiliza el módulo resiliente para el concreto asfáltico que es de 450,000 Psi.

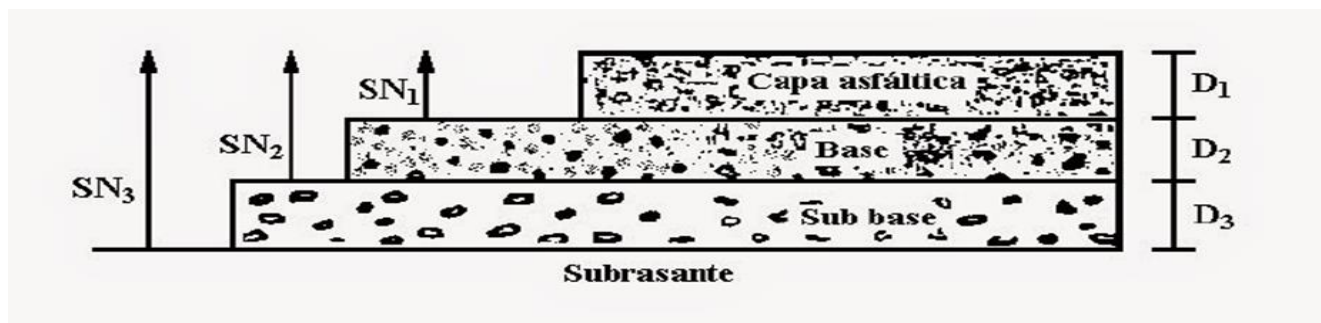
Número estructural es la capacidad de la estructura para soportar cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño. Esta variable de diseño se determina por la ecuación de la AASHTO o por los nomogramas del método de la AASHTO.

Utilizando el nomograma para hallar  $a_1$  en función del módulo resiliente del concreto asfáltico. Ver anexos gráfico No.6, se determinó que  $a_1 = 0.45$ .

#### 4.3.2. Determinación de los espesores de pavimento

La carpeta de rodamiento ya está predeterminada porque se utilizará adoquines de concreto de 4 pulgadas de espesor.

Una vez definidas las variables de entrada se procede a la determinación de los espesores de cada una de las capas del pavimento.



Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93



Y la expresión que considera el número estructural y los espesores de las capas es la siguiente:

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

Los valores de la expresión se definen de la siguiente manera:

**SN** = Numero estructural (pulg)

$a_i$ : Factor que transforma el espesor de una capa estructural de pavimento en número estructural. Los coeficientes estructurales son correlacionados con los módulos de las capas estructurales. Estos coeficientes de diseño se determinan por nomogramas. Ver Anexos. Gráficos No. 6, 7, 8 y 9.

$D_i$  : Espesores de las capas.

#### Cuadro No.28 Resultados de los coeficientes estructurales

Capas de pavimento	MR (psi)	ai	mi
Carpeta de adoquín	450,000	0.45	1
Base granular	28,900	0.135	1
Sub-base (si es necesaria)	18,000	0.12	1
Sub-rasante	17,250		

#### 4.3.3. Procedimiento para la determinación de los espesores

Se seleccionan los materiales correspondientes a cada una de las capas, de este modo se conocen los Módulos de resiliencia de cada una de ellas. Por lo que se pueden determinar los números estructurales requeridos, reemplazando el módulo de la capa inmediatamente inferior. Así para determinar el SN de la sub-base se utiliza el Modulo de resiliencia de la sub-rasante.

Una vez determinados los números estructurales se procede a determinar los espesores correspondientes:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

De esta manera se determina el espesor de la carpeta de rodamiento, utilizando en  $SN_1$  determinado con el MR de la base. Se adopta un  $D_1^*$  ligeramente mayor que  $D_1$  y se determina un  $SN_1^*$  con la siguiente expresión:

$$SN_1^* = a_1 * D_1$$

Para determinar el espesor mínimo de la capa base, se utiliza el numero estructural de esta capa base el cual fue calculado con el MR de la sub-base, de esta manera se determina el  $SN_2$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2}$$

Se adopta un  $D_2^*$  ligeramente mayor y este se calcula un  $SN_2^*$  utilizando la siguiente ecuación:

$$SN_2^* = a_2 * m_2 * D_2^*$$

Se determina  $SN_3^*$  de la capa sub-base utilizando el MR (Modulo Resiliente) correspondiente a la sub-rasante para así determinar el espesor  $D_3$ , el cual se determina de la siguiente manera:

$$D_3 \geq SN_3 \frac{SN - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 * m_3}$$

De igual manera se adopta un espesor ligeramente mayor  $D_3^*$ , con el cual se determina un  $SN_3^*$  haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$SN_3^* = a_3 * m_3 * D_3^*$$

Una vez determinados los espesores de las capas (D) y los  $SN^*$ , se procederá a la verificación de la siguiente manera:

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN$$

Este análisis se puede realizar para la valoración de diferentes alternativas de espesores de capas, de esta manera se podría obtener combinaciones de capas que proporcione la capacidad requerida y cuyo costo sea económicamente factible.

Una vez definida las variables a utilizar se proceden a la determinación de los espesores que conformaran el pavimento. La determinación de los espesores se realizara en conformidad a lo descrito anteriormente y la selección de las variables de diseño se justifica en las secciones correspondientes.

Para la determinación de los espesores se procedió a elaborar una hoja de cálculo en el programa Excel, de tal manera que se obtuvieron los resultados presentados en la siguiente tabla:

**Cuadro No.29 Cálculo SN**

<b>DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO METODO AASHTO 93</b>		
<b>DETERMINACION DEL NUMERO ESTRUCTURAL(SN) DE DISEÑO</b>		
<b>PARAMETRO DE DISEÑO</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>SUB-RASANTE</b>
PERIODO DE DISEÑO N	Años	20
CBR DE DISEÑO DE SUBRASANTE	%	36
MODULO DE RESILENCIA DE LA SUBRASANTE	Mr(psi)	17,250.00
CONFIABILIDAD DE DISEÑO	R	85
NIVEL DE CONFIABILIDAD	Zr	- 1.037
DESVIACION ESTANDAR NORMAL	So	0.45
SERVICIABILIDAD INICIAL	Pi	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL	Pt	2
PERDIDA DE SERVICIABILIDAD	Pi-Pt	2.2
<b>NUMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO</b>	<b>SN</b>	<b>2.34</b>
<b>CANTIDAD DE ESAL</b>	<b>Wt18</b>	<b>891,497</b>
CANTIDAD DE ESALES PROYECTADO AL PERIODO DE DISEÑO	Wt18	891,465

Para verificar los resultados del SN obtenidos en las tablas de Excel, se recurrió a aplicar el Programa “Ecuaciones AASHTO 1993-EQAASHTO93 Versión 2.0)”, desarrollado por Luis Ricardo Vásquez Varela Ing. Civil especialista en vías y transporte. Universidad Nacional de Colombia.

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85% Zr = -1.037 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr = 17,250 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de drenaje - (C<sub>d</sub>)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 891,465**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.34**

De la misma manera se procedió a calcular los SN de cada capa en la hoja de cálculo de Excel y consensuarlas con el programa EqAASHTO93-Ver 2.0 y se constata que los resultados coinciden.

**Cuadro No.30 Cálculo de los SN de cada capa**

VARIABLES	SUB-RASANTE		
	CARPETA ROD	BASE	SUB-BASE
n años	20	20	20
MR (PSI)	28900	18,000	17250
R	85	85	85
Zr	-1.037	-1.037	-1.037
So	0.45	0.45	0.45
Pi	4.20	4.20	4.20
Pf	2	2	2
<b>SN</b>	<b>1.93</b>	<b>2.30</b>	<b>2.34</b>
W18	891,489	891,484	891,497
W 18 diseño	891,465	891,465	891,465

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85% Zr = -1.037 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr = 28,900 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 891,465**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 1.93**

Calcular Salir

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85% Zr = -1.037 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr = 18,000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 891,465**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.30**

Calcular Salir

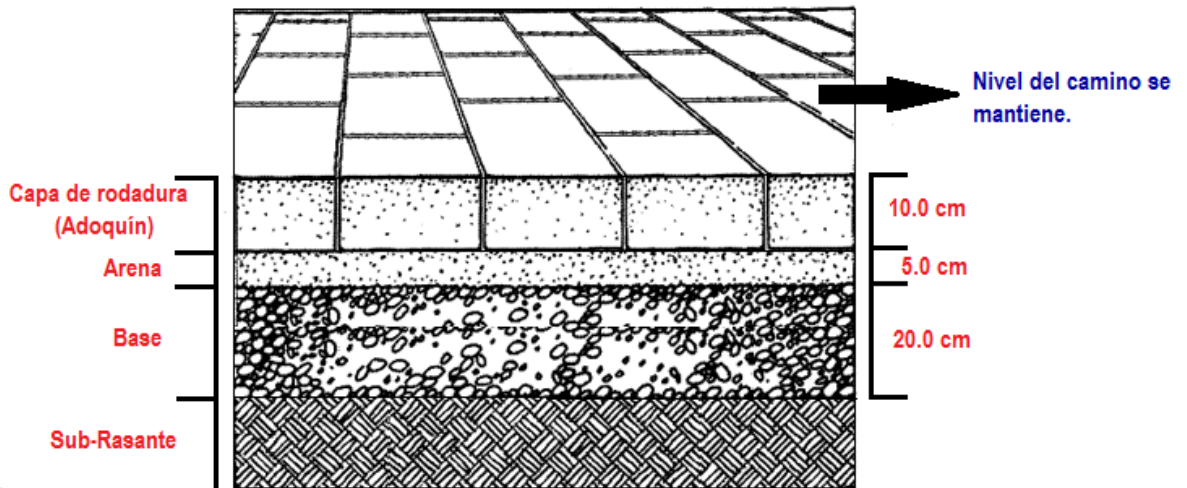
**Cuadro No.31 Diseño de espesores**

Capas del pavimento	CBR	MR(PSI)	ai	mi	Espesores		SN de capas	
					CM	PULG		
Carpeta de adoquín		450,000	0.45	1	10	4	1.8	
Base granular	85	28,900	0.135	1	20	7.87	1.062992	
Sub-base granular	40.02	18,000	0.12	1	0	-	0	
Sub-rasante	36	17,250		TOTAL	30	11.87	<b>2.86</b>	<b>2.34</b>
							<b>SN CAL</b>	<b>SN DISEÑO</b>

En el cuadro No.31 se observa que las capas propuestas el SN calculado es mayor al SN de diseño.

**Cuadro No.32 Espesores finales**

Espesores finales	
Capas de pavimento	Espesor en Cm
Carpeta de adoquín	10
Arena	5
Base granular	20
Sub-base	0
<b>Espesor de la estructura total</b>	<b>35</b>



## **V CAPITULO: ESTIMACIÓN DE COSTOS**

### **5.1. Estimación de costos**

El proceso para estimar los costos, consiste en realizar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. La exactitud de la estimación del costo, aumenta según avanza la obra, de manera que es un proceso iterativo.

Los costos se estiman para todos los recursos asignados al proyecto, es decir, recursos de trabajo, recursos materiales, coste de servicios e instalaciones y posibles costes por contingencias.

La estimación de los Costos de las actividades puede necesitar de los resultados de los procesos de planificación de otras áreas como por ejemplo el cronograma del proyecto, el registro de riesgos y las asignaciones de personal. Debido a ello las estimaciones no pueden darse por definitivas hasta contar con tales informaciones.

Si la organización ejecutante no posee estimadores de costos formales, el equipo del proyecto deberá aportar los recursos y la experiencia necesarios para llevar a cabo la estimación de los costos del proyecto

Por lo tanto, podemos definir la estimación de costos, como una evaluación cuantitativa de los costos probables de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto.

El método de estimación a utilizar dependerá de la precisión requerida y de la fase en que se encuentre el proyecto.

A continuación se presenta una lista de métodos de estimación de costos con una breve descripción de cada uno de ellos:

#### **5.1.1. Estimación de detalle**

La estimación de detalle consiste en la determinación de los recursos necesarios al nivel más bajo posible del EDT/WBS (Herramienta fundamental que consiste en la descomposición de trabajo). La estimación de detalle sólo se podrá realizar

cuando exista un diseño detallado del proyecto y un programa de fabricación, ensayo, montaje y entrega del mismo.

#### **5.1.2. Estimación directa**

Se trata de una estimación realizada por un experto que está familiarizado con tareas similares a las que se trata de estimar.

#### **5.1.3. Estimación por analogía**

Este método se basa en analizar los recursos utilizados en actividades similares o análogas a las actividades del proyecto cuyo coste se quiere estimar.

#### **5.1.4. Cotizaciones de subcontratistas y proveedores**

Este eficaz método de estimación se basa en determinar el coste de un producto o servicio a partir de las cotizaciones de subcontratistas. Para que este método de estimación no pierda su eficacia es necesario que se soliciten varias cotizaciones del trabajo a realizar (al menos tres) y que el suministrador elabore una solicitud de oferta completa y precisa.

#### **5.1.5. Estimación paramétrica de costes**

Este método se usa normalmente en las fases iniciales de un proyecto, cuando no existe información detallada del mismo. Los modelos paramétricos de estimación de costes se basan en la correlación existente entre las características físicas de un producto (peso, volumen, materiales empleados, precisión de mecanizado requerida, complejidad, etc.) con los recursos o coste necesario para desarrollarlo o producirlo.

#### **5.1.6. Otros**

Utilización de bibliografía, catálogos, revistas y manuales que contengan información de coste y de los recursos necesarios (materiales, productos semi-terminados, equipos, terrenos, alquileres, servicios, etc.) para desarrollar un proyecto.



## **5.2. Resultados de costo y presupuesto**

Se utilizó el método de estimación por analogía el cual se basa en analizar los recursos utilizados en actividades similares a las actividades del proyecto cuyo costo se quiere estimar. El proyecto que se utilizó para estimar el costo es el realizado en el tramo de camino Niquinohomo- Los Positos en el departamento de Masaya en el año 2012. Con una longitud de 1.5 KM.

A continuación se describirá cada una de las actividades que son tomadas de la norma MTI NIC 2000 especificaciones generales para la construcción de camino; calles y puentes.

### **5.2.1. Movimiento de tierra**

Comprenderá todo el trabajo de excavación, relleno y compactación que sea requerida para la construcción de bases y sub-bases, la extracción de materiales inadecuados en las calles o zonas donde se construirá; la colocación del material excavado, así como la excavación y compactación hasta los niveles de obra antes indicados en este trabajo.

### **5.2.2. Abra y destronque**

Consiste en la tala, desenraice, destronque, remoción y desecho de toda vegetación, basura, desperdicios y del material objetable existentes dentro de los límites designados del camino o calle, de las áreas de construcción de puentes, de las vías de acceso, de los yacimientos de materiales de construcción y de todas las otras áreas que sean designadas por el Ingeniero, con excepción de aquellos árboles, obstrucciones u objetos que estén destinados a quedar en su sitio o a ser removidos.

Este trabajo también incluirá la protección contra daños y desfiguración de la vegetación u objetos destinados a permanecer en el sitio. Debe entenderse que habrá áreas del proyecto en que sólo se necesitará hacer el abra; otras en que sólo se hará destronque y otras en que se efectuarán ambas operaciones, según lo indiquen los planos o el Ingeniero, pero el Concepto de pago será designado como abra y destronque.

El abra y destronque será llevado a efecto con anticipación a las operaciones de excavación y movimiento de tierras.

### **5.2.3. Excavación en la vía (Corte)**

Se refiere a todo el material excavado dentro de los límites del derecho de vía o dentro de las áreas de servidumbre, exceptuando la subexcavación y la excavación estructura. La excavación en la vía incluye todo el material encontrado independientemente de su naturaleza o características.

### **5.2.4. Relleno o terraplén**

Son los depósitos de material compactado que se conforman sobre el terreno hasta formar la estructura de la vía y elementos auxiliares, de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero. Generalmente, los rellenos de una vía se construyen utilizando el material proveniente de las excavaciones. Se debe procurar que la cantidad de material excavado sea suficiente para construir los rellenos, es decir, que se debe balancear el movimiento de tierra.

### **5.2.5. Compactación**

La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades. Su objetivo es el mejoramiento de las propiedades de ingeniería del suelo.

### **5.2.6. Excavación de préstamo caso II**

Este es material usado en la construcción de terraplenes y es obtenido de lugares fuera del prisma de la vía. La excavación de préstamo incluye préstamo no clasificado, préstamo selecto y material selecto para la capa superior de la terracería o terraplén.

Excavación de préstamo caso II consiste en la explotación del banco de material para adecuar el terreno con un suelo de mejor calidad.

Se deben hacer los estudios adecuados del terreno para poder plantear la forma más eficiente de explotación que se llevara en la zona.

### **5.2.7. Sobreacarreo de material**

La carga es la maniobra que se realiza para depositar los materiales producto de la excavación o la explotación de banco de préstamo por medio de un vehículo (camión) para ser transportados posteriormente.

Acarreo es el efecto de trasladar o transportar el material selecto y al acarreo del material sobrante de las excavaciones o cortes de suelos, que hay que eliminar del área de la construcción.

El sobre acarreo consistirá en el transporte autorizado de materiales de excavación más allá de la distancia de acarreo libre. La distancia de acarreo libre es la distancia especificada que el material excavado deberá ser transportado sin compensación adicional. A no ser que se estipule otra cosa en los documentos del Contrato, la distancia de acarreo libre será de 300 metros.

### **5.2.8. Pavimento de adoquines Concreto $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$**

La capa de rodadura está conformada por adoquines de concreto, colocado sobre una capa de arena y sello de arena entre sus juntas; colocado sobre una base. El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas, después de colocadas. Se procederá a colocar las unidades de adoquín haciéndolo según se indica en los planos y de acuerdo a la geometría de los adoquines y cuchilladas de adoquines.

### **5.2.9. Bordillo de concreto para confinamiento del adoquinado $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$**

El bordillo de concreto es un elemento cuya función es separar superficies a nivel o desnivel, delimitar espacios y confinar pavimentos. Es la unión entre la acera transitada por peatones y la calzada transitada por vehículos. Suele implicar un pequeño escalón de unos cinco o diez centímetros entre ambas superficies. Esto evita que tanto el agua como los vehículos invadan la acera.

## CALCULOS

DESCRIPCIÓN	U/M	CANTIDAD
Área del camino	$m^2$	119,370
Área de rodamiento	$m^2$	114,180
Longitud	m	17,300
Ancho del camino	m	6.90
Ancho de rodamiento	m	6.60
Ancho de carril	m	3.30
Bordillo	cm	15

### Abra y destronque

Esta actividad se llevara a cabo en el banco de préstamo "La Mina". Se mide en Hectárea.

$$\text{Área banco La Mina} = 15,813.77m^2$$

$$1 \text{ Ha} = 10,0000 m^2$$

$$\text{Abra y destronque} = \frac{\text{area del banco}(m^2)}{10,000 m^2}$$

$$\text{Abra y destronque} = \frac{15,813.77m^2}{10,000m^2}$$

$$\text{Abra y destronque} = 1.58 \text{ Ha}$$

### Excavación en la vía

Espesor de corte = 55 cm = 0.55 m

$$\text{corte} = \text{área del camino}(m^2) \times \text{espesor de corte}(m)$$

$$\text{corte} = 119,370m^2 \times 0.55m$$

$$\text{corte} = 65,653.5 m^3$$

## **Excavación de préstamo caso II**

Espesor de excavación = 40 cm = 0.40 m, lo que se necesita para el relleno de base y compactación.

$$\textit{Excavación de préstamo} = \textit{area del camino (m}^2\text{)} \times \textit{espesor de excavacion(m)}$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 119,370 \text{ m}^2 \times 0.40 \text{ m}$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 47,748 \text{ m}^3 / c$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 47,748 \text{ m}_c^3 \times FA$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 47,748 \text{ m}_c^3 \times 1.33$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 63,504.84 \text{ m}^3 / b$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 63,504.84 \text{ m}^3 \times FCV$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 63,504.84 \text{ m}^3 \times 1.4$$

$$\textit{Excavación de préstamo} = 88,906.78 \text{ m}^3 / s$$

Dónde:

**FA:** Factor de abundamiento → 1.33 de compacto a banco

**FCV:** Factor de cambio volumétrico → 1.4 de banco a suelto

Nota: El banco de préstamo seleccionado para la base es “La Mina” tiene un volumen de 99943.03 m<sup>3</sup>, lo cual indica que cuenta con suficiente material para ser utilizado.

## **Relleno**

Espesor de relleno = 40 cm = 0.40 m

Los resultados se presentan en la sección anterior ya que el relleno será la misma cantidad excavación en el banco de préstamo.

$$\mathbf{Relleno} = 88,906.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **Sobreacarreo**

Nota: El material de la vía se debe trasladar en condición suelto, por lo tanto se deberá multiplicar el volumen de corte en la vía por 1.4 para convertirlo a banco y luego por 1.25 para pasarlo a su condición suelto; en cambio el material proveniente del banco "La Mina" fue anteriormente calculado en su condición suelto.

1. Desperdicio =  $65,653.5 \text{ m}^3$

2. Préstamo =  $88,906.78 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\mathbf{Acarreo desperdicio} = \text{excavacion en la via (m}^3) \times 1.4$$

$$\mathbf{Acarreo desperdicio} = 65,653.5 \text{ m}^3 \times 1.4$$

$$\mathbf{Acarreo desperdicio} = 91,914.9 \text{ m}^3/\text{b} \times 1.25$$

$$\mathbf{Acarreo desperdicio} = 114,893.625 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{Acarreo total} = \text{acarreo desperdicio} + \text{acarreo préstamo}$$

$$\mathbf{Acarreo total} = 114,893.625 \text{ m}^3/\text{s} + 88,906.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{Acarreo total} = 203,800.405 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **Adoquines concreto f'c= 250 kg/cm<sup>2</sup>**

$$\mathbf{Medio adoquin} = \text{Long. del camino} \div (\text{ancho adoquin} + \text{ancho de punta})$$

$$\mathbf{Medio adoquin} = \text{Long adoquin} = 17300 \div (0.22 + 0.12) = 50,882.35$$

Debido a que se requiere colocar los medios adoquines en los lados del camino y al centro de la vía, se tiene:

$$\text{Medio adoquin} = 50882.35 \times 4 \text{ (2 por carril)} = 203,529.4$$

$$\text{Medio adoquin} = 203529.4 \text{ U} + 5\% \text{ desperdicio} = 213,706 \text{ U}$$

Para  $1\text{m}^2$  se utilizará 21 adoquines

Adoquines tipo tráfico de 22 x 24 x 10

El área que ocupan los medios adoquines es:

$$\text{Área de medios adoquines} = 203,530 * \left( \frac{0.04905}{2} \text{ m}^2 \right) = 4,991.57 \text{ m}^2$$

**Area de Adoquines enteros**

$$= \text{área de rodamiento (m}^2\text{)} - \text{área de medios adoquines (m}^2\text{)}$$

$$\text{Area de Adoquines enteros} = 114,180 \text{ m}^2 - 4,991.57\text{m}^2 = 109,188.43 \text{ m}^2$$

$$\text{Adoquines} = 109,188.43 \text{ m}^2 \times 21 = 2,292,957 \text{ U}$$

$$\text{Adoquines} = 2,292,957 \text{ U} + 5\% \text{ desperdicio} = 2,407,605 \text{ U}$$

## Arena

**Para conformar la capa de arena**

Espesor de capa = 5 cm = 0.05 m

$$\text{Arena} = \text{area de rodamiento}(m^2) \times \text{espesor de capa (m)}$$

$$\text{Arena} = 114,180m^2 \times 0.05 m$$

$$\text{Arena} = 5,709 m^3 + 30\% \text{ desperdicio}$$

$$\text{Arena} = 7,421.7m^3$$

### Para sello de adoquinado

Se necesitan  $0.0035 m^3/m^2$  según el documento construcción de pavimentos de adoquines de hormigón.

$$\text{Arena} = \text{área de rodamiento (m}^2) \times 0.0035 m^3/m^2$$

$$\text{Arena} = 114,180 m^2 \times 0.0035 m^3/m^2$$

$$\text{Arena} = 399.63 m^3 + 30 \% \text{ desperdicio}$$

$$\text{Arena} = 519.519 m^3$$

Nota: Se utilizó un factor de desperdicio del 5% en adoquines 30% en arena a como lo indica el documento de “Estudio técnico de 1.5 de adoquinado para el tramo de camino (Niquinohomo-Los Positos). Bladimir Brenes, Luis Brenes & Cristhian Rodríguez. 2012.”.

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	C.U DIRECTO C\$	TOTAL
Adoquín	U	2,407,605	22	52,967,310
Medio adoquín	U	213,706	11.50	2,457,619
Arena	$m^3$	7,421.7	260	1,929,642



Arena para sello de adoquinado	$m^3$	519.519	260	135,074.94
<b>TOTAL</b>				<b>C\$ 57,489,645.94</b>
<b>Tipo de cambio= 30.31</b>				<b>\$ 1,896,722.07</b>

**Bordillo de concreto para confinamiento del adoquinado  $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$**

ESPECIFICACIONES DEL BORDILLO		
Longitud	34,600	ml
Ancho =	0.2	m
Saliente	0.15	m
Altura =	0.3	m
Altura Saliente	0.15	m

Cantidad de bordillos a utilizar en ml

***Cantidad de bordillos = Long del tramo (m)  $\times$  2 (ambos lados de la vía)***

***Cantidad de bordillos = 17,300 m  $\times$  2 = 34,600 ml***

**ESTIMACION DE COSTO DE DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO  
PARA EL TRAMO LA TRINIDAD LA BOQUITA -SAN RAFAEL DEL SUR (17.30KM)**

DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	C.U. DE VENTA C\$	C.TOTAL C\$
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				<b>73706,087.56</b>
Abra y destronque	Ha	1.58	16,934.4	26,756.35
Excavación en la vía	M <sup>3</sup>	65,653.5	97.8	6,420,912.30
Relleno y compactación	M <sup>3</sup> s	88,906.776	187.8	16,696,692.53
Excavación de Préstamo Caso II	M <sup>3</sup> s	88,906.776	138.9	12,349,151.19
Acarreo de material de Préstamo	M <sup>3</sup> s	88,906.776	187.5	16,670,020.50
Acarreo de material sobrante de la vía	M <sup>3</sup> s	114,893.625	187.5	21,542,554.69

<b>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>				<b>66189,469.94</b>
I. Capa de Arena e = 5cm	M <sup>3</sup>	7421.7	260	1,929,642.00
II. Adoquinado	M <sup>2</sup>	114,180	486.6001396	55,560,003.94
Medio adoquines	U	213,706	11.5	2,457,619.00
Adoquines	U	2,407,605	22	52,967,310.00
Arena de sellado	M <sup>3</sup>	519.519	260	135,074.94
III. Bordillo de concreto para confinamiento del adoquinado f'c= 245 kg/cm2	MI	34,600	251.44	8,699,824.00

<b>Valor de Obra</b>	<b>139,895,557.50</b>
<b>Impuestos Municipales</b>	<b>1,398,955.58</b>
<b>Impuesto al Valor Agregado (IVA)</b>	<b>20,984,333.63</b>
<b>Monto Total Incluyendo Impuestos</b>	<b>162,278,846.70</b>

## CONCLUSIONES

En el diseño de la estructura de pavimento articulado de 17.30 km en el tramo empalme La Trinidad (La Boquita) – San Rafael del Sur se determinó en base al método de diseño de la AASHTO 93, el cual toma como variables relevantes el tráfico y el tipo de material a usar.

Por medio del estudio de suelos se pudo observar que los suelos predominantes son los A-2-4, A-7-6 Y A-2-6 los cuales son arcillosos. En los ensayos de capacidad portante (CBR), ejecutados sobre los sondeos en la línea los valores oscilan en un rango de 2 y 6, mayormente entre 2 y 4, tales resultados se debe a que el suelo existente contiene un contenido considerable de arcilla, los límites líquidos del suelo existente en su mayoría son altos siendo el más alto de 84 y límite plástico el valor más alto es de 51.

Se utilizó como CBR de diseño el valor presentado del banco Los Angulo de 36, igualmente para el material a usar en la base se extraerá del banco La Mina el cual presenta un CBR de 85.

En el estudio de tránsito se observa que el camino no es muy fluido por el estado actual de la vía, pero debido a la importancia del lugar, al desarrollo con proyecto y que el tramo está cercano a zonas turísticas, su flujo vehicular crecerá y esto es importante para el desarrollo de la comunidad y del país.

En el estudio de tránsito realizado se determinó un TPDA de 311 vehículos de los cuales un 79.5% son vehículos livianos y el 20.5% son vehículos pesados; una cantidad de ejes equivalentes de 891,465 Esales de los cuales el 4.1% es de vehículos livianos y el 95.9% es de vehículos pesados, se puede apreciar que el tráfico pesado es el que aporta en su mayoría al valor de los ejes equivalentes.

La estructura de pavimento se compondrá de una base granular de 20 cm de espesor, 10 cm de carpeta de rodamiento de adoquín y una capa de arena de 5cm. Presentando un espesor total de 35 cm, espesor satisfactorio que cumple con la capacidad estructural demandada por los ejes equivalentes obteniéndose

un numero estructural calculado de 2.86 el cual es mayor al número estructural de diseño que es de 2.34.

En la estimación de costos se utilizó el método por analogía que fue realizado en el tramo de camino Niquinohomo- Los Positos en el departamento de Masaya con una longitud de 1.5 KM. Se estimó que los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto como son el movimiento de tierra y la estructura de pavimento es de C\$139, 895,557.50 aproximadamente el valor de obra y C\$162, 278,846.70 incluyendo impuestos.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda retirar el material existente en la vía hasta 55 cm de profundidad; 35 cm de estructura de pavimento compuesto por la base granular de 20 cm, 5 cm de capa de arena y 10 cm de carpeta de rodamiento de adoquín; y 20 cm de base del material compactado del banco La Mina.
- ✓ Realizar conteos periódicos para observar la evolución del tránsito y de esta manera tomar las medidas correspondientes para preservar el buen estado de la vía.
- ✓ Constatar un eficiente sistema de drenaje que evite el estancamiento de aguas a lo largo de la vía, con el fin de disminuir los efectos que estos puedan ocasionar en la estabilidad del pavimento.
- ✓ Implementar mantenimiento rutinario y periódico que abarque la reparación de pequeños defectos de la calzada.
- ✓ Las actividades de explotación de bancos de materiales deben ser realizadas durante un periodo de trabajo comprendido de 7am a 5pm. En aquellos sitios donde hubiese asentamientos humanos en las cercanías.
- ✓ Llevar controles del cumplimiento de los espesores del pavimento dados en este documento.
- ✓ Utilizar adoquín de 22 x 24 x 10 y colocarlos según La Norma Técnica Nicaragüense denominada NTON 12 009.

## BIBLIOGRAFIA

- Anuario de aforos de tráfico año 2010. Dirección general de vialidad del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).
- Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000. Ministerio de transporte e infraestructura (MTI).
- Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. Nic-2000. Edición revisada y actualizada en abril 2002. Ministerio de transporte e infraestructura (MTI).
- Estudio del Plan Nacional de Transporte de Nicaragua. Volumen IV. 2001.
- Estudio técnico de 1.5 de adoquinado para el tramo de camino (Niquinohomo-Los Positos). Bladimir Brenes, Luis Brenes & Cristhian Rodríguez. 2012.
- Ingeniería de pavimentos para carreteras. Segunda edición. Ing. Alfonso Montejo.
- Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones de Rafael Cal y Mayor R James Cárdenas.
- Manual Centroamericano para diseño geométrico de carreteras regionales, SIECA, 2001.
- Método de diseño de pavimento versión 1993 de la AASHTO (American association of state highway and transportation officials).
- Red vial de Nicaragua 2010. Dirección general de vialidad. Ministerio de transporte e infraestructura (MTI).

## ANEXOS

### Estado del camino en estudio



Km 59 Carretera Diriamba – La Boquita



Est. 0+000 del proyecto



Parte actualmente adoquinada del tramo en estudio.  
(50 m)



**Formación de baches por situación anómala en la vía sin  
drenajes laterales**



**Est. 9+100, situación actual de la vía, faltan cunetas y/o  
alcantarillas**



**Panorámica desde Est. 7+800 hacia San Rafael del Sur**





**Panorámica llegando a vado de Est. 6+580, viendo hacia San Rafael del Sur**



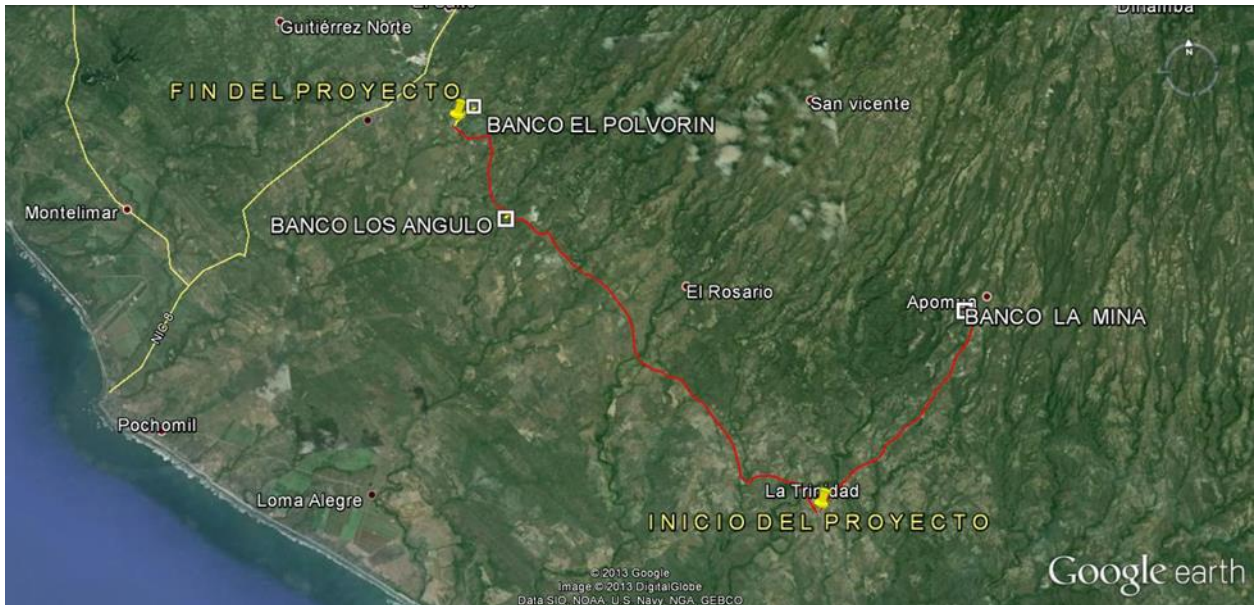
**Panorámica desde Est. 16+700 viendo hacia San Rafael del Sur**



**Est. 17+272.53 Fin del proyecto.**

## Mapas y esquemas de bancos de materiales

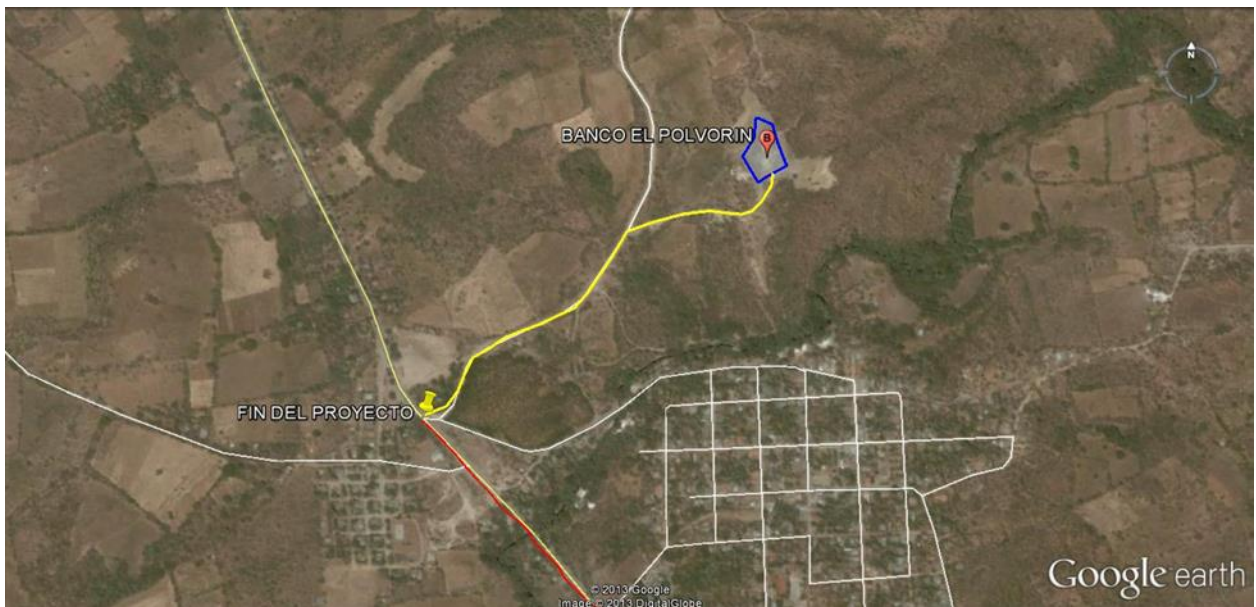
### Mapa de ubicación de Bancos.



*Fuente: Google Maps*

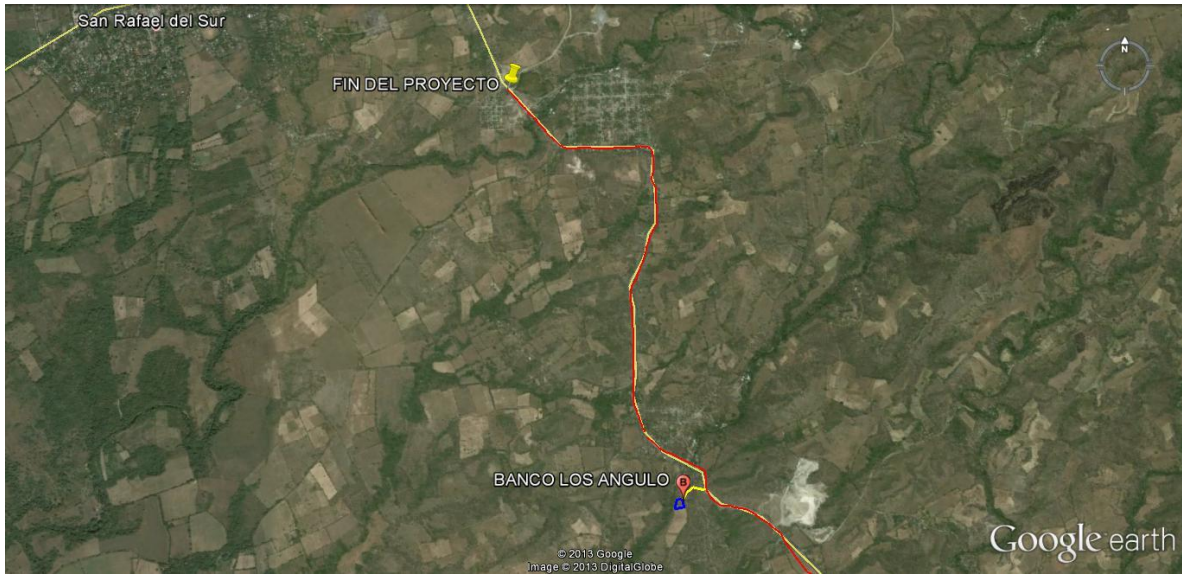
### Mapa de localización Banco El Polvorín respecto al fin del proyecto

(Distancia al fin del proyecto: 0.86 km aproximadamente)



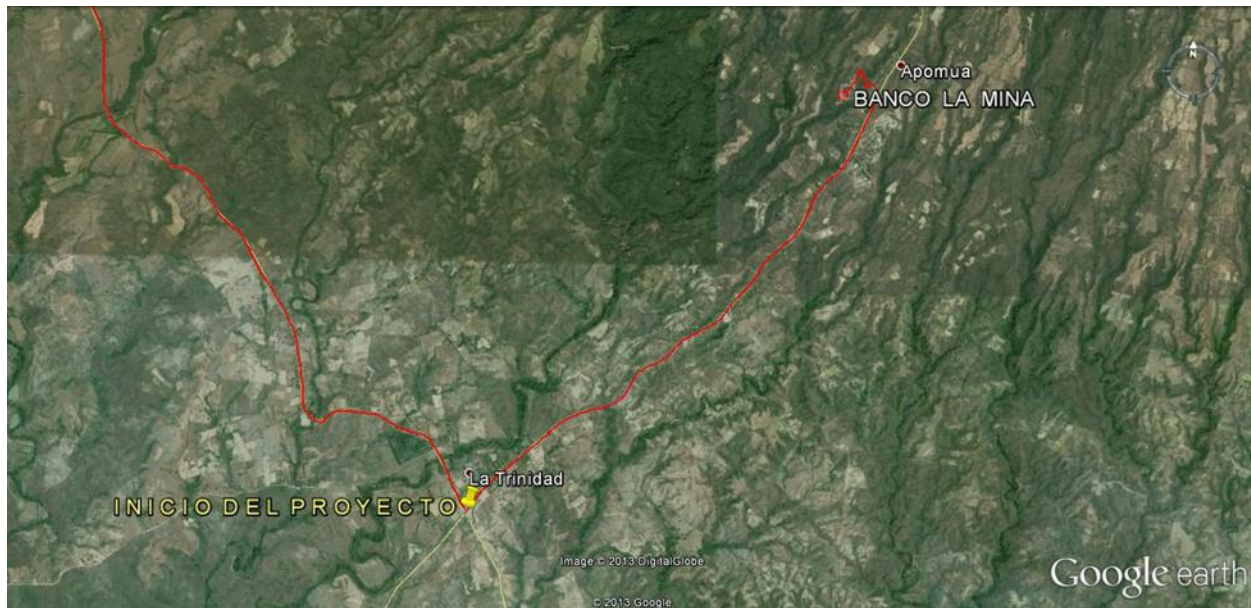
*Fuente: Google Maps*

**Mapa de localización Banco Los Angulo respecto al proyecto**  
**(Distancia al proyecto: 0.20 km aproximadamente)**



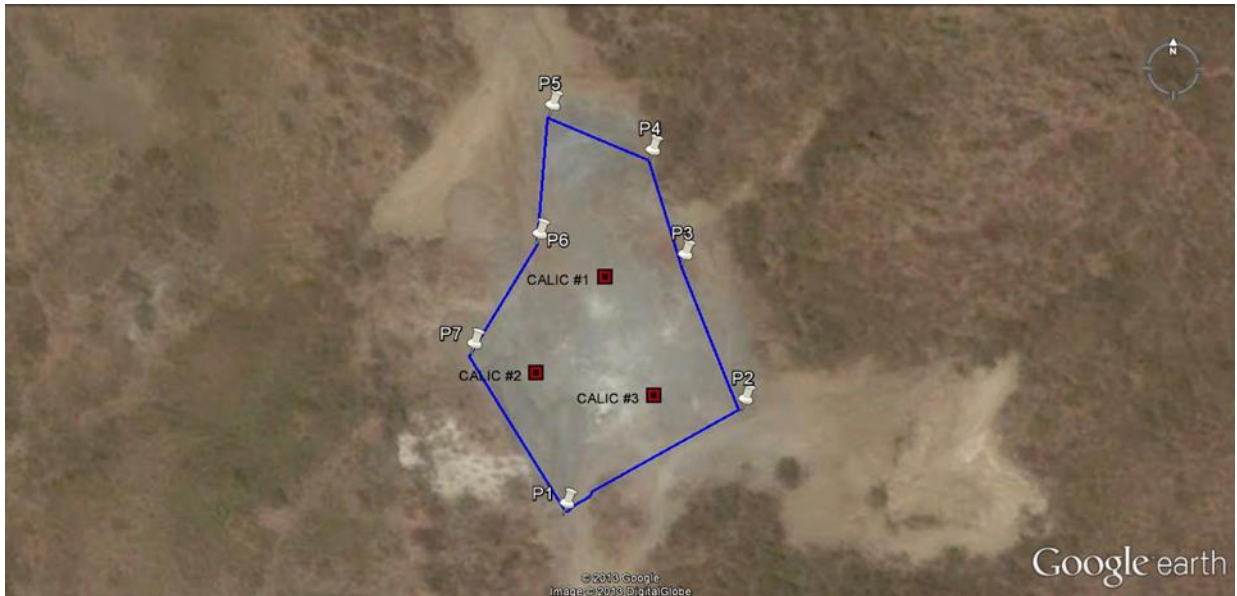
*Fuente: Google Maps*

**Mapa de localización Banco La Mina respecto al inicio del proyecto**  
**(Distancia al inicio del proyecto: 8.50 km aproximadamente)**



*Fuente: Google Maps*

**Mapa de Banco El Polvorín, mostrando calicatas.**



*Fuente: Google Maps*

**Mapa de Banco Los Angulo, mostrando calicatas.**



*Fuente: Google Maps*

**Mapa de Banco La Mina, mostrando área.**



*Fuente: Google Maps*

**Tabla No.1 Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L%	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
1	0+000 B/Der	1	0.00 - 0.80					100	96	90	78	62	40	26	26	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscura.	
		2	0.80 - 1.50									100	97	88	77	46	29	A-7-6 (9)	Arcilla limo arenosa, color café claro.
2	0+100 B/Izq	3	0.00 - 0.90							100	97	86	74	57	48	34	12	A-6 (0)	Limo arcillo arenoso con poca grava, color café claro.
		4	0.90 - 1.50								100	91	83	73	47	27	A-7-6 (16)	Arcilla limo arenosa, color amarillento.	
3	0+200 B/Der	5	0.00 - 0.30				100	91	82	70	59	48	31	21	36	16	A-2-6 (0)	Grava arena arcillosa, color gris claro.	
		6	0.30 - 1.50						100	96	86	74	58	49	33	13	A-6 (1)	Limo arcillo arenoso con poca grava, color café oscuro.	
4	0+300 B/Izq	7	0.00 - 0.18				100	94	76	48	34	24	15	10	33	18	A-2-6 (0)	Grava arena arcillosa, color blanquesina.	
		8	0.18 - 0.75						100	96	86	73	56	47	35	15	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso con poca grava, color café claro.	
		9	0.75 - 1.50				100	94	74	48	34	24	15	10	33	19	A-2-6 (0)	Grava arcillo limosa, color café claro.	
5	1+400 B/Der	10	0.00 - 0.55						100	96	86	73	56	47	35	15	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso con poca grava, color café claro.	
		11	0.55 - 1.50								100	97	93	86	70	35	A-7-5 (20)	Arcilla limosa con poca arena, color café oscuro.	

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L%	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
6	0+500 B/lzq	12	0.00 - 0.45					100	96	91	78	63	42	29	27	7	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscura.
		13	0.45 - 1.10			100	96	89	70	30	14	10	7	6	45	25	A-2-7 (0)	Grava con poca arena y arcilla, color amarillento con pintas rojizas.
7	0+600 B/Der	14	0.00 - 0.30					100	96	90	78	61	40	28	28	9	A-2-4 (0)	Grava arena limosa, color café claro.
		15	0.30 - 0.90								100	97	89	80	47	30	A-7-6 (17)	Arcilla arenosa, color gris claro.
		16	0.90 - 1.50								100	97	93	85	70	34	A-7-5 (20)	Arcilla arenosa, color café oscuro.
8	0+700 B/lzq	17	0.00 - 0.50				100	97	95	93	85	75	56	39	35	19	A-6 (2)	Arcilla limo arenosa con grava, color café claro.
		18	0.50 - 1.50								100	99	98	82	50	27	A-7-6 (16)	Arcilla con arena, color café oscuro.
9	0+800 B/Der	19	0.00 - 0.90				100	97	95	92	85	76	56	43	34	15	A-6 (1)	Limo arcilloso con grava, color café.
		20	0.90 - 1.50							100	92	83	69	56	42	22	A-7-6 (9)	Arcilla arenosa, color gris.
10	0+900 B/lzq	21	0.00 - 0.12					100	96	90	77	61	40	26	23	3	A-2-4 (0)	Grava arena limosa, color gris.
		22	0.12 - 1.50				100	94	74	48	34	24	15	10	32	12	A-2-6 (0)	Grava arena limosa con pintas rojas.

### Continuación - Granulometria de los sondeos de línea

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L.%	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
11	1+000 B/Der	23	0.00 - 0.98				100	97	95	93	85	75	56	39	35	19	A-6 (2)	Arcilla limo arenosa con grava, color café oscuro.
		24	0.98 - 1.50									100	99	98	81	51	25	A-7-6 (16)
12	1+100 B/Izq	25	0.00 - 0.20					100	96	90	77	61	40	28	26	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris claro.
		26	0.20 - 1.00			100	96	89	70	30	15	10	7	5	43	23	A-2-7 (0)	Arena con poca grava y arcilla, color amarillento.
		27	1.00 - 1.50									100	90	82	72	46	26	A-7-6 (15)
13	1+200 B/Der	28	0.00 - 0.10					100	96	90	77	62	40	27	28	8	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris claro.
		29	0.10 - 0.20				100	97	95	92	85	75	55	35	35	19	A-2-6 (2)	Arena arcillosa con grava, color blanquesina.
		30	0.20 - 1.00						100	90	68	60	40	31	40	14	A-2-6 (1)	Arena gravosa con limo arcilloso, color café oscuro.
		31	1.00 - 1.50									100	97	93	85	56	20	A-7-5 (15)
14	1+300 B/Izq	32	0.00 - 0.18				100	91	82	70	59	48	30	19	39	18	A-2-6 (0)	Arena gravo arcillosa, color blanco.
		33	0.18 - 1.15				100	87	84	63	43	40	29	18	26	7	A-2-4 (0)	Grava arena limosa, color amarillento.
		34	1.15 - 1.50									100	97	93	85	69	33	A-7-5 (20)
15	1+400 B/Der	35	0.00 - 0.10				100	91	82	70	59	47	30	20	36	15	A-2-6 (0)	Grava arenosa limo arcillosa, color blanco.
		36	0.10 - 0.90				100	86	82	70	47	44	31	22	29	8	A-2-4 (0)	Grava limo arenosa, color café oscuro.
		37	0.90 - 1.50						100	90	68	59	40	30	38	16	A-2-6 (1)	Arena gravo arcillosa, color amarillento.



**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
16	1+500 B/izq	38	0.00 - 0.20					100	96	90	78	62	40	27	25	5	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café.	
		39	0.20 - 0.50					100	96	90	78	62	40	27	25	5	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color amarillento con pintas café.	
		40	0.50 - 1.50										100	91	83	74	44	23	A-7-6 (14)
17	1+600 B/Der	41	0.00 - 0.60				100	66	61	48	36	32	22	12	29	10	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color amarillento.	
		42	0.60 - 1.20						100	49	22	21	20	18	56	32	A-2-7 (1)	Grava arcillosa, color gris.	
		43	1.20 - 1.50				100	87	84	63	42	40	28	17	25	6	A-2-4 (0)	Grava areno limosa.	
18	1+700 B/izq	44	0.00 - 0.15					100	96	90	77	61	39	27	26	7	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		45	0.15 - 0.25		100	92	81	66	62	50	39	30	18	12	32	14	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color blanco	
		46	0.25 - 0.60									100	97	88	77	40	20	A-6 (12)	Arcilla limo arenosa, color café oscuro.
		47	0.60 - 0.80				100	87	84	63	42	40	29	20	24	5	A-2-4 (0)	Grava arenosa, color café claro.	
		48	0.80 - 1.34				100	66	61	48	36	32	22	13	26	7	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color gris oscura.	
49	1.34 - 1.50				100	99	98	88	42	41	35	25	53	27	A-2-7 (2)	Grava areno arcillosa, color amarillento.			
19	1+800 B/Der	50	0.00 - 0.20						100	88	77	62	33	13	23	7	A-2-4 (0)	Arena gravosa con poco limo, color café claro.	
		51	0.20 - 0.72				100	99	98	87	42	40	34	24	54	28	A-2-7 (1)	Grava arcillosa con arena, color blanca con pinta amarillenta.	
		52	0.72 - 1.17						100	94	81	80	73	63	40	19	A-6 (11)	Limo arcilloso con grava y arena, color rojizo claro.	
		53	1.17 - 1.50									100	84	61	47	38	15	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso con grava, color gris.
20	1+900 B/izq	54	0.00 - 0.20						100	88	77	62	33	14	23	6	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color café claro.	
		55	0.20 - 0.80						100	94	81	80	73	64	41	20	A-7-6 (10)	Arcilla con arena y grava, color rojizo claro.	
		56	0.80 - 1.10				100	87	83	63	43	40	28	19	24	5	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color café claro.	
		57	1.10 - 1.50				100	58	48	31	21	16	12	8	36	10	A-2-4 (0)	Grava con poca arena y limo, color gris.	

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
21	2+000 B/Der	58	0.00 - 0.15				100	87	83	63	43	40	28	19	24	4	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color café claro.	
		59	0.15 - 0.40									100	99	78	48	30	10	A-6 (0)	Limo arenoso, color café oscuro.
		60	0.40 - 1.35				100	99	98	88	41	39	34	24	55	28	A-2-7 (2)	Grava arenosa con arcilla, color gris claro.	
		61	1.35 - 1.50									100	97	64	36	31	12	A-2-6 (0)	Arena limosa, color blanca.
22	2+100 B/Izq	62	0.00 - 0.26				100	97	95	92	85	75	56	41	36	20	A-6 (2)	Limo arenoso con grava, color café oscuro.	
		63	0.26 - 0.90									100	99	78	50	30	11	A-6 (0)	Limo arcillo arenoso, color amarillento.
		64	0.90 - 1.50									100	96	87	77	41	21	A-7-6 (12)	Arcilla arenosa, color amarillento con pintas rojizas.
23	2+200 B/Der	65	0.00 - 0.20				100	98	91	59	39	27	15	9	N.P	N.P	A-1-a (0)	Grava arenosa con poco limo, color gris. (Cantera)	
		66	0.20 - 1.50				100	58	48	31	21	16	12	8	36	9	A-2-4 (0)	Grava con poca arena y limo, color verde claro.	
24	2+300 B/Izq	67	0.00 - 0.30				100	66	61	49	36	32	22	13	29	9	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color café claro.	
		68	0.30 - 1.50				100	98	92	59	39	26	15	9	N.P	N.P	A-1-a (0)	Grava arenosa con poco limo, color gris.	
25	2+400 B/Der	69	0.00 - 0.85									100	99	98	82	50	27	A-7-6 (16)	Arcilla con poca arena, color café claro.
		70	0.85 - 1.50				100	93	92	85	77	72	48	22	24	11	A-2-6 (0)	Arena gravo limosa, color amarillento.	

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
26	2+500 B/Izq	71	0.00 - 0.60						100	87	77	61	33	14	21	4	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.
		72	0.60 - 0.80				100	92	92	85	77	72	48	21	23	8	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color amarillento.
		73	0.80 - 1.50									100	97	65	34	30	11	A-2-6 (0)
27	2+600 B/Der	74	0.00 - 0.20				100	84	81	80	73	66	48	29	25	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscuro.
		75	0.20 - 1.50				100	97	95	92	85	75	55	35	37	21	A-2-6 (1)	Arena limo arcillosa con grava, color café oscuro.
28	2+700 B/Izq	76	0.00 - 0.15						100	88	76	60	33	11	23	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.
		77	0.15 - 0.50								100	96	86	75	39	19	A-6 (4)	Arcilla limo arenosa, color rojiza.
		78	0.50 - 1.00						100	94	81	79	72	63	39	18	A-6 (3)	Arcilla limo arenosa, color café claro.
		79	1.00 - 1.50								100	98	96	81	48	24	A-7-6 (16)	Arcilla arenosa, color café oscura.
29	2+800 B/Der	80	0.00 - 0.40						100	88	76	60	31	9	21	5	A-2-4 (0)	Arena gravosa con poco limo, color café claro.
		81	0.40 - 1.50					100	97	75	59	49	30	11	24	8	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color amarillento.
30	2+900 B/Izq	82	0.00 - 0.18						100	88	75	60	32	11	20	4	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscuro.
		83	0.18 - 1.50					100	97	75	58	48	29	10	26	9	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.

Continuación - Granulometría de los sondeos de línea

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES						
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo		
31	3+000 B/Der	84	0.00 - 0.60									100	98	95	90	49	20	A-7-6 (14)	Arcilla limosa con poca arena, color café oscuro.	
		85	0.60 - 1.40									100	91	82	68	55	42	21	A-7-6 (8)	Arcilla arenosa, color café claro.
		86	1.40 - 1.50									100	97	95	80	49	25	A-7-6 (16)	Arcilla arenosa, color café claro.	
32	3+100 B/Izq	87	0.00 - 0.50									100	97	92	89	48	19	A-7-6 (14)	Arcilla limosa, color rojiza claro.	
		88	0.50 - 1.00								100	94	80	79	72	61	39	18	A-6 (3)	Arcilla gravo arenosa, color café claro.
		89	1.00 - 1.50									100	94	85	68	31	11	A-6 (1)	Limo arcillo arenoso, color amarillento claro.	
33	3+200 B/Der	90	0.00 - 0.20				100	84	81	80	72	63	48	24	24	5	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.		
		91	0.20 - 0.40								100	93	83	70	36	11	A-6 (0)	Limo arcillo arenoso, color café.		
		92	0.40 - 0.50									100	96	87	76	40	19	A-6 (12)	Limo arcillo arenoso, color café verdoso. (Talpetate)	
		93	0.50 - 1.50									100	90	82	72	47	26	A-7-6 (15)	Arcilla arenosa rojiza con pintas café.	
34	3+300 B/Izq	94	0.00 - 0.30						100	98	86	84	76	63	34	14	A-6 (5)	Limo arcillo arenoso con poca grava, color café.		
		95	0.30 - 1.50			100	96	89	69	31	15	8	5	4	44	23	A-2-7 (0)	Grava con poca arena y arcilla, color amarillento pinta café.		
35	3+400 B/Der	96	0.00 - 0.10		100	92	81	66	62	51	38	29	16	11	31	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color blancuzca.		
		97	0.10 - 0.80									100	96	63	34	30	11	A-2-6 (0)	Arena limosa, color café claro con pintas blancas.	
		98	0.80 - 1.30									100	96	92	85	70	34	A-7-5 (20)	Arcilla con poca arena, color café claro.	
		99	1.30 - 1.50				100	91	83	71	58	47	30	20	36	15	A-2-6 (0)	Grava arena arcillosa, color rojiza.		
36	3+500 B/Izq	100	0.00 - 0.50							100	94	88	77	66	55	46	34	11	A-6 (0)	Limo arcilloso con grava y arena, color café con pintas grises.
		101	0.50 - 1.20									100	91	82	68	55	42	21	A-7-6 (8)	Arcilla arenosa, color café claro.
		102	1.20 - 1.50									100	99	98	93	39	16	A-6 (12)	Arcilla limosa, color café oscuro.	
37	3+600 B/Der	103	0.00 - 0.15						100	88	76	61	33	12	22	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.		
		104	0.15 - 0.40				100	84	81	80	71	63	47	29	26	7	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.		
		105	0.40 - 1.50									100	93	84	67	31	10	A-6 (0)	Limo arenoso, color café rojizo.	

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
38	3+700 B/lzq	106	0.00 - 0.12		100	92	80	66	61	50	38	29	16	11	31	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color café claro.
		107	0.12 - 1.00						100	87	76	61	33	12	22	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.
		108	1.00 - 1.50					100	94	87	76	65	54	45	34	10	A-6 (0)	Limo gravo arenoso, color café oscuro.
39	3+800 B/Der	109	0.00 - 0.50						100	87	76	61	33	12	23	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.
		110	0.50 - 1.50						100	97	91	85	76	65	45	21	A-7-6 (12)	Arcilla arenosa, color café claro.
40	3+900 B/lzq	111	0.00 - 0.10		100	92	81	66	62	50	38	29	16	11	32	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color blancuzco.
		112	0.10 - 1.50						100	96	90	85	75	64	44	20	A-7-6 (10)	Arcilla arenosa, color café claro.
41	4+000 B/Der	113	0.00 - 0.15		100	92	80	66	62	50	38	29	16	11	32	14	A-2-6 (0)	Grava areno arcillosa, color blancuzca.
		114	0.15 - 0.95								100	93	85	77	47	20	A-7-6 (13)	Arcilla arenosa, color cafe claro.
		115	0.95 - 1.50								100	98	97	92	38	15	A-6 (2)	Limo arcilloso, color café oscuro.
42	4+100 B/lzq	116	0.00 - 0.80				100	94	74	47	33	23	14	9	33	19	A-2-6 (0)	Grava arenosa con arcilla, color café claro.
		117	0.80 - 1.50								100	92	84	76	46	19	A-7-6 (13)	Arcilla arenosa, color café claro.
43	4+200 B/Der	118	0.00 - 1.10				100	87	83	63	42	39	27	17	26	6	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color café claro.
		119	1.10 - 1.50								100	95	83	72	38	14	A-6 (2)	Limo arcilloso con arena, color café claro.
44	4+300 B/lzq	120	0.00 - 0.80						100	97	85	82	74	61	32	12	A-6 (1)	Limo areno arcilloso con poca grava, color café claro.
		121	0.80 - 1.50								100	94	82	71	37	14	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso, color rojizo.

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
45	4+400 B/Der	122	0.00 - 0.20		100	92	81	66	61	51	38	29	16	11	31	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color blancuzca.
		123	0.20 - 0.60						100	84	65	56	41	34	37	16	A-2-6 (1)	Arena gravo arcillosa, color café claro.
		124	0.60 - 1.50								100	94	82	71	38	14	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso , color rojizo.
46	4+500 B/Izq	125	0.00 - 0.20		100	91	80	65	60	50	37	29	16	11	33	15	A-2-6 (0)	Grava arenosa con poco limo arcilloso, color gris claro.
		126	0.20 - 1.10								100	94	82	71	37	14	A-6 (1)	Limo arcillo arenoso, color café.
		127	1.10 - 1.50				100	87	83	63	42	39	27	16	25	6	A-2-4 (0)	Grava arenosa, color café claro.
47	4+600 B/Der	128	0.00 - 0.20		100	92	80	65	60	50	37	29	16	11	36	17	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color gris claro.
		129	0.20 - 1.00								100	92	83	75	46	18	A-7-6 (12)	Arcilla limo arenosa, color café oscura.
		130	1.00 - 1.50								100	98	97	91	39	15	A-6 (2)	Limo arcilloso, color café oscuro.
48	4+700 B/Izq	131	0.00 - 0.12						100	86	76	61	33	11	23	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.
		132	0.12 - 0.40								100	93	83	74	43	21	A-7-6 (13)	Arcilla con arena, color café claro.
		133	0.40 - 0.60		100	91	79	64	60	50	38	29	16	11	31	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color gris claro.
		134	0.60 - 1.50				100	67	61	48	35	31	21	11	29	9	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color rojiza con pintas café.

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
49	4+800 B/Der	135	0.00 - 0.35						100	96	90	85	75	64	44	19	A-7-6 (11)	Arcilla arenosa, color café claro.	
		136	0.35 - 0.95								100	93	82	72	43	20	A-7-6 (4)	Arcilla arenosa, color café.	
		137	0.95 - 1.50						100	99	72	40	29	23	35	7	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris.	
50	4+900 B/lzq	138	0.00 - 0.28		100	92	81	66	62	50	38	29	17	11	33	15	A-2-6 (0)	Grava areno limosa, color café claro.	
		139	0.28 - 1.20					100	96	74	57	47	29	10	24	7	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		140	1.20 - 1.50									100	99	93	80	36	13	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso, color amarillento.
51	5+000 B/Der	141	0.00 - 1.50						100	89	47	27	15	11	34	9	A-2-4 (0)	Grava arena limosa, color verde con pintas rojizas.	
52	5+100 B/lzq	142	0.00 - 0.40						100	81	58	43	28	20	32	10	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color café claro.	
		143	0.40 - 1.00									100	98	88	74	39	13	A-6 (1)	Limo arcilloso, color café claro.
		144	1.00 - 1.50										100	95	91	83	51	21	A-7-5 (19)
53	5+200 B/Der	145	0.00 - 0.20						100	92	80	72	46	26	30	6	A-2-7 (1)	Arena gravo arcillosa, color café con pintas verdes.	
		146	0.20 - 1.50							100	56	55	43	33	47	17	A-2-7 (1)	Grava areno arcillosa, color amarillento.	
54	5+300 B/lzq	147	0.00 - 0.80						100	92	79	71	45	25	29	4	A-2-7 (1)	Arena gravo arcillosa, color café oscuro.	
		148	0.80 - 1.50						100	84	47	43	31	23	38	15	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color amarillento.	
55	5+400 B/Der	149	0.00 - 0.20					100	95	87	77	69	42	15	21	4	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		150	0.20 - 0.40						100	78	57	42	27	19	31	8	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color blancuzca	
		151	0.40 - 0.80				100	95	92	85	62	53	28	16	32	10	A-2-6 (0)	Arena gravo limosa, color café oscuro.	
		152	0.80 - 1.50							100	55	53	42	32	47	16	A-2-7 (1)	Grava areno arcillosa, color café claro.	
56	5+500 B/lzq	153	0.00 - 0.20					100	95	86	76	68	42	14	21	4	A-2-4 (0)	Arena gravosa con poco limo, color café oscuro.	
		154	0.20 - 1.50							100	84	65	39	18	N.P	N.P	A-1-b (0)	Arena con grava y limo, color girs.	

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
57	5+600 B/Der	155	0.00 - 0.50				100	94	91	83	61	52	27	15	31	8	A-2-6 (0)	Arena gravosa con limo arcilloso, color café oscuro.
		156	0.50 - 1.50				100	97	96	74	36	33	23	14	43	21	A-2-7 (0)	Grava areno arcillosa, color café claro.
58	5+700 B/Izq	157	0.00 - 0.20						100	76	51	43	26	16	35	8	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color café claro.
		158	0.20 - 0.40								100	94	87	81	76	49	A-7-6 (20)	Arcilla con arena, color rojiza con pintas verdes.
		159	0.40 - 1.50						100	89	64	59	48	41	42	16	A-7-6 (3)	Arcilla gravo arenosa, color amarillento.
59	5+800 B/Der	160	0.00 - 0.20						100	75	50	41	25	14	34	7	A-2-4 (0)	Grava areno limosa, color café oscura.
		161	0.20 - 0.50						100	88	63	57	46	40	42	15	A-7-6 (1)	Arcilla gravo limosa, color amarillento.
		162	0.50 - 1.50							100	55	54	42	32	47	16	A-2-7 (1)	Grava areno arcillosa, color amarillento.
60	5+900 B/Izq	163	0.00 - 0.40						100	92	79	71	45	24	30	5	A-2-7 (1)	Arena gravo arcillosa, color café oscuro.
		164	0.40 - 0.60				100	97	95	72	35	32	22	13	43	20	A-2-7 (0)	Grava arenosa con arcilla, color gris.
		165	0.60 - 1.00							100	80	76	63	55	50	20	A-7-6 (9)	Arcilla gravo limosa, color amarillento.
		166	1.00 - 1.50							100	87	85	81	76	56	25	A-7-5 (21)	Arcilla con poca arena, color rojiza.
61	6+000 B/Der	167	0.00 - 0.30						100	55	53	42	32	46	15	A-2-7 (1)	Grava arcillosa, color café claro.	
		168	0.30 - 0.80							100	99	97	96	68	38	A-7-6 (20)	Arcilla color café oscura.	
		169	0.80 - 1.50						100	91	79	71	45	24	30	5	A-2-7 (1)	Arena gravo arcillosa, color amarillento.



**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
62	6+100 B/Izq	170	0.00 - 0.18				100	97	92	71	34	32	22	13	43	20	A-2-7 (0)	Grava arenosa con arcilla, color café claro.
		171	0.18 - 0.60							100	78	74	62	53	49	18	A-7-5 (7)	Arcilla gravo limosa, color amarillento.
		172	0.60 - 1.50						100	88	63	58	47	40	42	15	A-7-6 (1)	Arcilla gravo limosa, color gris con pintas blancas.
63	6+200 B/Der	173	0.00 - 1.50				100	79	71	50	27	26	22	19	39	14	A-2-6 (0)	Grava con poca arena y arcilla, color café con pintas rojas.
64	6+300 B/Izq	174	0.00 - 0.40						100	82	46	42	30	22	37	12	A-2-6 (0)	Grava con limo arcilloso y poca arena, color café.
		175	0.40 - 1.50						100	88	62	57	46	40	42	15	A-7-6 (1)	Arcilla gravo arenosa, color amarillento.
65	6+400 B/Der	176	0.00 - 0.30				100	94	91	83	61	51	27	15	31	9	A-2-6 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.
		177	0.30 - 1.30								100	93	85	80	76	47	A-7-6 (20)	Arcilla con arena, color café con pintas amarillentas.
		178	1.30 - 1.50								100	97	86	72	39	12	A-6 (1)	Arcilla limo arenosa, color café.
66	6+500 B/Izq	179	0.00 - 1.50			100	85	61	53	30	17	15	12	10	42	14	A-2-7 (0)	Grava con poca arena y limo arcilloso, color café con pintas negras.
67	6+600 B/Der	180	0.00 - 0.90							100	79	74	62	52	52	22	A-7-6 (8)	Arcilla areno gravosa, color café oscuro.
		181	0.90 - 1.30				100	80	69	52	40	32	17	10	36	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color verdoso.
		182	1.30 - 1.50				100	92	87	71	46	37	20	12	42	12	A-2-7 (0)	Grava arenosa con poco limo arcilloso, color verdoso.

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
68	6+700 B/Izq	183	0.00 - 1.50								100	79	74	61	52	52	22	A-7-6 (8)	Arena gravo arcillosa, color café claro.
69	6+800 B/Der	184	0.00 - 0.10					100	94	86	75	68	41	14	22	5	A-2-4 (0)	Arena gavsosa con poco limo, color café claro.	
		185	0.10 - 0.20				100	97	95	72	35	32	21	13	44	22	A-2-7 (0)	Arena gravosa con arcilla, color blancuzca.	
		186	0.20 - 1.00							100	79	75	63	54	51	21	A-7-6 (9)	Arcilla gravo arenosa, color amarillento.	
		187	1.00 - 1.50							100	86	83	79	74	57	26	A-7-5 (16)	Arcilla con poca grava y arena, color café oscuro.	
70	6+900 B/Izq	188	0.00 - 0.15								100	93	85	79	78	50	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa, color verdoso con pintas amarillentas.	
		189	0.15 - 0.80							100	91	89	85	77	50	22	A-7-6 (18)	Arcilla con poca arena y grava, color gris.	
		190	0.80 - 1.50								100	98	95	89	82	51	A-7-6 (20)	Arcilla con poca arena, color blancuzca.	
71	7+000 B/Der	191	0.00 - 0.40							100	89	87	83	75	52	24	A-7-6 (15)	Arcilla arenosa con poca grava, color café oscuro.	
		192	0.40 - 0.80							100	86	84	80	75	57	26	A-7-5 (21)	Arcilla con poca grava y arena, color café oscuro.	
		193	0.80 - 1.50			100	85	61	53	29	16	13	10	9	44	15	A-2-7 (0)	Grava con poca arena y limo arcilloso, color verdoso.	
72	7+100 B/Izq	194	0.00 - 0.20				100	94	91	82	60	51	27	15	37	13	A-2-6 (0)	Arena gravosa con limo arcilloso, color café oscuro.	
		195	0.20 - 1.10								100	95	92	86	76	50	A-7-6 (20)	Arcilla con poca arena, color gris.	
		196	1.10 - 1.50								100	98	89	74	47	19	A-7-6 (14)	Arcilla arenosa, color amarillenta con pintas blancas.	
73	7+200 B/Der	197	0.00 - 0.25							100	55	54	42	32	49	18	A-2-7 (1)	Grava areno arcillosa, color café oscura.	
		198	0.25 - 0.90							100	89	87	83	75	51	23	A-7-6 (15)	Arcilla con poca arena y grava, color café con pintas rojizas.	
		199	0.90 - 1.50								100	94	89	81	53	22	A-7-5 (20)	Arcilla con arena, color gris oscuro.	

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
74	7+300 B/Izq	200	0.00 - 0.10								100	91	83	77	78	50	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa, color café oscura.	
		201	0.10 - 0.50						100	92	79	70	44	25	31	7	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		202	0.50 - 1.50								100	96	87	75	47	16	A-7-5 (13)	Arcilla limo arenosa, color rojiza.	
75	7+400 B/Der	203	0.00 - 1.50							100	95	85	72	49	18	A-7-5 (14)	Arcilla limo arenosa, color café claro.		
76	7+500 B/Izq	204	0.00 - 0.15						100	89	73	55	33	17	26	5	A-1-b (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		205	0.15 - 0.25				100	95	91	83	60	51	26	14	37	13	A-2-6 (0)	Arena gravosa con poco limo arcilloso, color blancuzco.	
		206	0.25 - 0.85							100	89	87	82	74	51	23	A-7-6 (18)	Arcilla con poca arena y grava, color café oscuro.	
		207	0.85 - 1.50								100	95	85	72	48	17	A-7-5 (13)	Arcilla limo arenosa, color café claro.	
77	7+600 B/Der	208	0.00 - 1.50						100	92	73	38	13	3.3	N.P	N.P	A-1-a (0)	Arena gravosa, color gris.	
78	7+700 B/Izq	209	0.00 - 0.80						100	97	86	61	54	35	20	30	8	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscura. De 0.80 a más se encontró Nivel Freático.
79	7+800 B/Der	210	0.00 - 0.10								100	96	84	70	40	14	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso, color café claro.	
		211	0.10 - 0.40								100	94	89	94	51	21	A-7-5 (18)	Arcilla arenosa, color café oscuro.	
		212	0.40 - 1.50						100	97	86	76	65	54	50	12	A-7-5 (6)	Arcilla arenosa con poca grava, color amarillento.	

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
80	7+900 B/Izq	213	0.00 - 0.20							100	76	55	34	23	31	9	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris claro.
		214	0.20 - 0.40							100	89	87	81	73	52	24	A-7-6 (16)	Arcilla con poca arena y grava, color café claro.
		215	0.40 - 0.90							100	95	84	73	48	17	A-7-5 (13)	Arcilla con arena, color café oscura.	
		216	0.90 - 1.50						100	95	82	72	62	51	51	13	A-7-5 (5)	Limo arcillo arenoso con grava, color amarillento.
81	8+000 B/Der	217	0.00 - 0.10					100	95	84	59	52	33	19	32	10	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris claro.
		218	0.10 - 1.00						100	75	54	32	20	32	10	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		219	1.00 - 1.50					100	93	82	73	62	52	51	13	A-7-5 (5)	Arcilla arenosa con grava, color café.	
82	8+100 B/Izq	220	0.00 - 1.00						100	75	54	33	22	30	8	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		221	1.00 - 1.50						100	79	74	62	53	49	19	A-7-5 (8)	Arcilla areno gravosa, color amarillento.	
83	8+200 B/Der	222	0.00 - 1.00					100	82	46	42	30	22	38	15	A-2-6 (0)	Grava areno arcillosa, color café claro.	
		223	1.00 - 1.50				100	84	68	44	31	23	15	10	39	15	A-2-6 (0)	Grava arenosa con poca arcilla, color amarillento.
84	8+300 B/Izq	224	0.00 - 0.25					100	88	72	54	32	15	27	6	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		225	0.25 - 0.80						100	89	87	82	74	52	24	A-7-6 (19)	Arcilla arenosa color café oscuro.	
		226	0.80 - 1.50							100	92	89	83	77	51	A-7-6 (20)	Arcilla con arena, color gris.	
85	8+400 B/Der	227	0.00 - 0.30							100	90	72	54	38	15	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso, color amarillento.	
		228	0.30 - 0.60							100	89	78	65	48	13	A-7-5 (11)	Limo arcillo arenoso, color café oscuro.	
		229	0.60 - 1.50						100	79	74	61	53	51	22	A-7-6 (9)	Arcilla areno gravosa, color amarillento.	

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
86	8+500 B/Izq	230	0.00 - 1.00								100	89	76	63	51	15	A-7-5 (9)	Arcilla arenosa, color amarillento.	
		231	1.00 - 1.50						100	95	84	74	63	52	52	14	A-7-5 (6)	Arcilla limo arenosa con grava, color café oscuro.	
87	8+600 B/Der	232	0.00 - 1.20								100	98	97	94	84	50	A-7-6 (20)	Arcilla, color verde claro.	
		233	1.20 - 1.50								100	96	92	86	70	40	A-7-6 (20)	Arcilla, color amarillenta.	
88	8+700 B/Izq	234	0.00 - 0.10					100	95	84	59	52	33	19	31	9	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscuro.	
		235	0.10 - 0.20				100	97	95	73	35	32	21	13	44	22	A-2-7 (0)	Grava areno arcillosa, color gris claro.	
		236	0.20 - 0.70				100	84	68	43	30	22	14	9	40	16	A-2-6 (0)	Grava arenosa con poca arcilla, color amarillento.	
		237	0.70 - 1.50								100	97	89	76	65	49	24	A-7-6 (13)	Arcilla arenosa, color café oscuro.
89	8+800 B/Der	238	0.00 - 0.35								100	75	54	33	21	31	8	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris claro.
		239	0.35 - 0.50								100	63	36	24	35	10	A-2-4 (0)	Arena limosa, color blancuzca.	
		240	0.50 - 1.00								100	88	71	53	39	16	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso, color amarillento.	
		241	1.00 - 1.50								100	89	87	82	74	51	23	A-7-6 (15)	Arcilla con poca arena y grava, color café oscuro.
90	8+9000 B/Izq	242	0.00 - 0.75				100	84	68	43	30	22	14	9	40	16	A-2-6 (0)	Arena limosa con poca arcilla, color café claro.	
		243	0.75 - 1.05								100	93	85	78	77	50	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa, color amarillento con pintas rojas.	
		244	1.05 - 1.50								100	93	88	80	77	51	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa, color café oscura con pintas verdes.	
91	9+000 B/Der	245	0.00 - 0.18								100	63	34	22	34	9	A-2-4 (0)	Arena limosa, color gris claro.	
		246	0.18 - 0.30								100	72	49	36	37	12	A-2-6 (0)	Arena limo arcillosa, color amarillento.	
		247	0.30 - 0.80								100	92	76	68	61	30	A-7-5 (18)	Arcilla arenosa, color amarillento.	
		248	0.80 - 1.50						100	89	63	58	46	40	43	17	A-7-6 (2)	Arcilla gravo arenosa, color gris con pintas negras.	

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
92	9+100 B/Izq	249	0.00 - 0.90						100	92	73	38	13	3	N.P	N.P	A-1-a (0)	Arena gravosa, color café.	
		250	0.90 - 1.50						100	84	58	33	15	8	N.P	N.P	A-1-a (0)	Arena gravosa con poco limo, color gris.	
93	9+200 B/Der	251	0.00 - 0.50							100	72	49	35	35	9		A-2-4 (0)	Arena gravosa, color verde.	
		252	0.50 - 1.50						100	83	58	33	15	9	N.P	N.P	A-1-a (0)	Arena gravosa, color gris.	
94	9+300 B/Izq	253	0.00 - 0.50							100	91	75	68	61	32		A-7-6 (18)	Arcilla arenosa, color amarillento.	
		254	0.50 - 1.50							100	97	92	84	61	21		A-7-5 (20)	Arcilla con poca arena, color gris.	
95	9+400 B/Der	255	0.00 - 0.12							100	96	88	76	64	48	25		A-7-6 (13)	Arcilla arenosa, color café oscuro.
		256	0.12 - 0.80							100	51	48	12	64	34		A-7-6 (20)	Arcilla con poca arena, color gris.	
		257	0.80 - 1.50						100	94	62	50	28	20	41	20		A-2-7 (1)	Arena gravo arcillosa, color verde claro con pintas rojas.
96	9+500 B/Izq	258	0.00 - 0.60				100	94	92	81	59	50	34	23	41	21		A-2-6 (1)	Arena gravo arcillosa, color verde claro.
		259	0.60 - 1.30								100	98	96	93	81	50		A-7-6 (20)	Arcilla rojiza.
		260	1.30 - 1.50								100	88	71	53	37	14		A-6 (2)	Limo arcillo arenoso, color amarillento.
97	9+600 B/Der	261	0.00 - 0.50							100	55	54	42	32	49	18		A-2-7 (1)	Grava areno arcillosa, color café oscuro.
		262	0.50 - 1.15				100	94	92	81	59	50	34	23	43	20		A-2-6 (1)	Grava areno arcillosa, color amarillento.
		263	1.15 - 1.50							100	88	85	79	68	56	31		A-7-6 (20)	Arcilla arenosa con poca grava, color café oscuro.

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I. P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
98	9+700 B/Izq	264	0.00 - 0.55			100	86	63	55	32	16	14	11	9	43	15	A-2-7 (0)	Grava con poca arena y limo arcilloso, color amarillento con pintas negras.
		265	0.55 - 1.50							100	79	74	61	53	49	19	A-7-5 (8)	Arcilla areno gravosa, color amarillento.
99	9+800 B/Der	266	0.00 - 0.43							100	75	54	33	22	32	10	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.
		267	0.43 - 0.60							100	89	84	78	66	55	29	A-7-6 (17)	Arcilla arenosa con poca grava, color café oscura.
		268	0.60 - 0.90								100	91	75	67	60	30	A-7-5 (20)	Arcilla arenosa, color amarillenta con pintas negras.
		269	0.90 - 1.50				100	84	68	44	32	22	14	9	37	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo arcilloso, color gris claro.
100	9+900 B/Izq	270	0.00 - 0.40						100	90	73	61	39	26	37	10	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscuro.
		271	0.40 - 1.50								100	88	76	62	49	14	A-7-5 (9)	Limo arcillo arenoso, color amarillento.
101	10+000 B/Der	272	0.00 - 0.60							100	91	89	83	75	52	24	A-7-6 (19)	Arcilla con arena, color rojiza.
		273	0.60 - 1.20								100	96	91	82	61	22	A-7-5 (20)	Arcilla con arena, color café claro.
		274	1.20 - 1.50								100	95	85	73	47	17	A-7-5 (13)	Limo arcillo arenoso, color gris.

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES			
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
102	10+100 B/Izq	275	0.00 - 0.20						100	99	97	86	70	41	32	10	A-4 (1)	Limo arenoso, color café oscuro
		276	0.20 - 1.50								100	96	64	30	32	8	A-2-4 (0)	Arena limosa, color café claro
103	10+200 B/Der	277	0.00 - 0.40						100	85	51	44	29	17	43	17	A-2-7 (0)	Grava arenosa con arcilla, color amarillento
		278	0.40 - 0.80						100	98	90	84	73	46	31	7	A-4 (1)	Limo arenoso con poca grava, color café oscuro
		279	0.80 - 1.50						100	82	62	54	38	20	30	9	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café con pintas amarillentas
104	10+300 B/Izq	280	0.00 - 0.60							100	78	67	51	38	35	15	A-6 (3)	Limo arcillo arenoso con poca grava, color café oscuro
		281	0.60 - 1.50							100	85	66	46	31	35	10	A-2-4 (1)	Arena limosa con grava, color café
105	10+400 B/Der	282	0.00 - 1.00						100	98	85	81	62	27	33	7	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color café oscura
		283	1.00 - 1.50							100	88	85	79	67	52	30	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa con poca grava, color rojiza
106	10+500 B/Izq	284	0.00 - 1.10						100	98	85	81	61	27	31	9	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color café oscura
		285	1.10 - 1.50								100	95	66	34	45	7	A-2-5 (0)	Arena con limo, color café oscuro



**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
107	10+600 B/Der	286	0.00 - 0.20						100	95	83	74	58	41	45	18	A-7-6 (3)	Arcilla limo arenosa con grava, color verde oscuro	
		287	0.20 - 0.60									100	99	87	57	43	16	A-7-6 (7)	Arcilla limo arenosa, color café oscuro
		288	0.60 - 1.50						100	98	85	81	62	28	33	9	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color café clara	
108	10+700 B/Izq	289	0.00 - 0.55								100	95	64	29	29	7	A-2-4 (0)	Arena limosa, color café oscuro	
		290	0.55 - 0.85						100	99	97	84	47	33	7	A-4 (1)	Limo arenoso, color gris oscuro		
		291	0.85 - 1.50						100	98	83	79	59	26	34	9	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color amarillento	
109	10+800 B/Der	292	0.00 - 1.10					100	92	89	69	62	43	26	40	15	A-2-6 (0)	Arena gravo arcillosa, color café claro	
		293	1.10 - 1.50				100	94	92	72	39	35	28	19	56	28	A-2-7 (0)	Grava arcillosa, color verde claro	
110	10+900 B/Izq	294	0.00 - 0.50						100	91	81	60	35	39	15	A-2-6 (2)	Arena limo arcillosa, color café oscura		
		295	0.50 - 1.05								100	96	66	30	34	8	A-2-4 (0)	Arena limosa, color verde oscuro	
		296	1.05 - 1.50						100	98	86	81	62	27	54	27	A-2-7 (2)	Arena arcillosa con poca grava, gris oscura	
111	11+000 B/Der	297	0.00 - 0.30						100	91	79	73	63	40	28	7	A-4 (0)	Limo areno gravoso, color café oscuro	
		298	0.30 - 0.80				100	95	82	51	25	15	8	5	29	9	A-2-4 (0)	Grava arenosa con poco limo, color amarillento	
		299	0.80 - 1.50					100	96	73	44	32	24	20	60	25	A-2-7 (0)	Grava areno arcillosa, color verde claro	

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES							
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo			
112	11+100 B/lzq	300	0.00 - 0.40									100	97	93	83	60	22	A-7-5 (20)	Arcilla limosa con arena, color café oscura		
		301	0.40 - 0.90							100	98	86	81	62	57	31	8	A-4 (2)	Limo arenoso con poca grava, color café		
		302	0.90 - 1.50								100	97	85	69	39	31	8	A-4 (0)	Limo arenoso, color café claro		
113	11+200 B/Der	303	0.00 - 0.10									100	87	83	77	66	59	32	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa, color gris	
		304	0.10 - 0.20									100	98	96	83	46	31	9	A-4 (1)	Limo arenoso, color café	
		305	0.20 - 0.60									100	94	83	67	53	13		A-7-5 (10)	Arcilla limo arenosa, color rojiza	
		306	0.60 - 1.10							100	98	84	80	60	27	33	10		A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color amarillento	
		307	1.10 - 1.50										100	80	60	48	57	8		A-5 (3)	Limo arenoso, color café claro
114	11+300 B/lzq	308	0.00 - 0.25							100	82	60	52	33	19	41	18		A-2-7 (0)	Arena gravo arcillosa, color café oscuro	
		309	0.25 - 0.45					100	98	96	87	71	56	39	26	39	13		A-2-6 (0)	Arena gravo limosa color verde claro	
		310	0.45 - 1.10									100	90	80	58	34	38	14		A-2-6 (1)	Arena arcilla limosa con poca grava, color café oscuro
		311	1.10 - 1.50										100	78	56	42	54	10		A-5 (2)	Limo arenoso, color amarillento

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
122	12+100 B/lzq	326	0.00 - 0.30				100	99	96	88	70	63	55	48	37	14	A-6 (4)	Limo arcilloso con grava y arena, color verde oscuro	
		327	0.30 - 0.80								100	98	92	80	51	8	A-5 (10)	Limo arenoso color, café oscuro	
		328	0.80 - 1.50							100	98	89	81	63	51	48	13	A-7-5 (5)	Limo arcillo arenoso con poca grava, color café claro
123	12+200 B/Der	329	0.00 - 0.40								100	96	82	60	34	10	A-4 (4)	Limo arenoso color rojizo	
		330	0.40 - 1.50								100	98	93	80	53	10	A-5 (12)	Limo arenoso, color gris	
124	12+300 B/lzq	331	0.00 - 1.50								100	51	24	11	6	45	5	A-1-a (0)	Grava arenosa con poco limo, color gris con pintas verdes
125	12+400 B/Der	332	0.00 - 0.20								100	47	22	11	6	43	3	A-1-a (0)	Grava arenosa con poco limo, color amarillento
		333	0.20 - 1.50							100	81	61	54	38	22	33	7	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscura
126	12+500 B/lzq	334	0.00 - 0.40								100	93	75	43	45	14	A-7-5 (3)	Arcilla limo arenosa, color amarillento	
		335	0.40 - 1.50							100	98	84	77	59	48	47	14	A-7-5 (4)	Arcilla limosa con arena y grava, color café oscura
127	12+600 B/Der	336	0.00 - 0.60								100	97	95	82	47	31	9	A-4 (2)	Limo arenoso, color café oscuro
		337	0.60 - 1.20								100	89	81	65	51	47	13	A-7-5 (5)	Arcilla limo arenosa con poca grava, color amarillento
		338	1.20 - 1.50									100	94	63	31	42	8	A-2-5 (0)	Arena limosa, color gris

### Continuación - Granulometria de los sondeos de línea

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES							
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo			
128	12+700 B/Izq	339	0.00 - 1.50									100	77	45	17	NP	NP	A-1-b (0)	Arena con limo, color café claro, N/P No plastico		
129	12+800 B/Der	340	0.00 - 1.10																	Arcilla limo arenosa con poca grava, color café claro	
		341	1.10 - 1.50																		Grava areno arcillosa, color café oscuro
130	12+900 B/Izq	342	0.00 - 1.20																	Arcilla limo arenosa color amarillenta.	
		343	1.20 - 1.50																		Grava areno arcillosa, color café oscura
131	13+000 B/Der	344	0.00 - 0.10																	Limo arenoso, color café con pintas blancas	
		345	0.10 - 1.50																		Grava arenosa con poco limo, color verde claro
132	13+100 B/Izq	346	0.00 - 0.95																	Grava arenosa con poco limo, color amarillento con pintas grises	
		347	0.95 - 1.50																		Arcilla limo arenosa, color rojiza
133	13+200 B/Der	348	0.00 - 0.40																	Grava arenosa con poco limo, color gris	
		349	0.40 - 0.80																		Arcilla limo arenosa con poca grava, color rojiza
		350	0.80 - 1.50																		Arcilla con poca arena y grava, color gris oscuro

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
134	13+300 B/lzq	351	0.00 - 0.20							100	77	54	32	15	NP	NP	A-1-b (0)	Arena gravosa con limo, color gris, N/P (No Plastico)
		352	0.20 - 0.50							100	69	33	16	9	42	5	A-1-a (0)	Arena gravosa con poco limo, color café con pinta blancas
		353	0.50 - 1.50						100	98	85	80	61	28	34	9	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color café oscura
135	13+400 B/Der	354	0.00 - 0.48							100	91	73	42	42	15	A-7-6 (3)	Arcilla limo arenosa, color amarillenta	
		355	0.48 - 1.10						100	83	79	69	57	44	13	A-7-5 (6)	Arcilla limo arenosa con grava, color rojiza	
		356	1.10 - 1.50							100	99	97	90	58	28	A-7-5 (20)	Arcilla con poca arena, color amarillenta	
136	13+500 B/lzq	357	0.00 - 0.30							100	77	47	17	NP	NP	A-1-b (0)	Arena con limo, color gris con pinta blancas, N/P (No Plastico)	
		358	0.30 - 0.90						100	95	83	64	39	38	10	A-2-6 (1)	Arena limosa color gris	
		359	0.90 - 1.50							100	96	81	43	40	18	A-6 (6)	Limo arenosa, color verde oscuro	
137	13+600 B/Der	360	0.00 - 0.30						100	97	83	62	35	36	9	A-2-4 (0)	Arena limosa, color café oscuro	
		361	0.30 - 1.50							100	48	16	13	46	14	A-2-7 (0)	Arena con poco limo arcilloso, color café claro	
138	13+700 B/lzq	362	0.00 - 0.80						100	84	79	69	57	43	13	A-7-6 (3)	Arcilla limo gravosa, color café oscura	
		363	0.80 - 1.50							100	93	74	41	45	14	A-7-5 (2)	Arcilla limo arenosa, color amarillento	

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
139	13+800 B/Der	364	0.00 - 1.50								100	81	76	67	56	41	16	A-7-6 (7)	Arcilla limo arenosa con grava, color blancuzca
140	13+900 B/lzq	365	0.00 - 0.40								100	91	81	60	35	42	17	A-2-7 (2)	Arena arcillosa, color café oscura
		366	0.40 - 1.00								100	99	96	84	48	34	9	A-4 (2)	Limo arenoso, color café claro
		367	1.00 - 1.50								100	73	44	24	38	7	A-2-4 (0)	Arena limosa, color gris	
141	14+000 B/lzq	368	0.00 - 0.20								100	81	55	29	30	12	A-2-6 (0)	Arena limo arcillosa, color blancuzca	
		369	0.20 - 0.80								100	97	85	54	47	17	A-7-5 (7)	Arcilla limo arenosa, color café oscura	
		370	0.80 - 1.50								100	98	88	65	36	13	A-6 (1)	Limo arcillo arenoso, color café claro	
142	14+100 B/lzq	371	0.00 - 0.20						100	98	83	78	59	27	33	10	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color gris	
		372	0.20 - 0.80							100	88	80	62	51	49	16	A-7-5 (6)	Arcilla limo arenosa con poca grava, color café claro	
		373	0.80 - 1.50						100	98	84	81	63	27	37	8	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color rojiza	
143	14+200 B/Der	374	0.00 - 0.30							100	79	53	26	30	12	A-2-6 (0)	Arena limosa, color blanco con pintas grises		
		375	0.30 - 0.70						100	79	74	62	44	33	12	A-6 (2)	Limo arcilloso con grava y arena, color café oscuro		
		376	0.70 - 1.50							100	97	86	78	68	47	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa, color gris		

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
144	14+300 B/Izq	377	0.00 - 0.40						100	95	82	67	47	21	23	3	A-2-4 (0)	Arena limo gravosa, color gris	
		378	0.40 - 0.80								100	72	42	21	49	16	A-2-7 (0)	Arena arcillosa, color amarillenta	
		379	0.80 - 1.27								100	98	94	40	11	57	32	A-2-7 (0)	Arena arcillosa, color café oscuro
		380	1.27 - 1.50									100	73	44	24	34	10	A-2-4 (0)	Arena limosa, color café clara
145	14+400 B/Der	381	0.00 - 0.50							100	78	73	60	42	40	18	A-6 (4)	Limo arcilloso con grava y arena, color gris	
		382	0.50 - 1.50								100	96	86	66	37	8	A-4 (5)	Limo arenoso, color rojizo	
146	14+500 B/Izq	383	0.00 - 1.50							100	75	51	24	6	26	10	A-2-4 (0)	Arena gravosa con poco limo, color amarillenta	
147	14+600 B/Izq	384	0.00 - 0.50							100	97	93	39	11	23	7	A-2-4 (0)	Arena con poco limo, color café oscuro	
		385	0.50 - 1.50								100	65	61	51	37	39	16	A-6 (2)	Limo arcillo gravoso con arena, color verde oscuro
148	14+700 B/Izq	386	0.00 - 0.56							100	61	57	48	35	38	12	A-2-6 (0)	Grava areno limosa, color café oscura	
		387	0.56 - 1.00								100	72	42	21	35	10	A-2-4 (0)	Arena limosa, color gris	
		388	1.00 - 1.50				100	78	73	55	40	37	29	17	38	17	A-2-6 (0)	Grava arenosa con poco limo, color amarillento	

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES					
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
149	14+800 B/Der	389	0.00 - 0.40									100	72	43	22	35	10	A-2-4 (0)	Arena limosa, color café con pinta amarillenta
		390	0.40 - 1.50									100	93	88	36	8	29	7	A-2-4 (0)
150	14+900 B/Izq	391	0.00 - 1.50									100	65	34	11	22	9	A-2-4 (0)	Arena con limo, color amarillento
151	15+000 B/Der	392	0.00 - 0.70				100	87	83	69	54	47	32	18	24	5		A-1-b (0)	Grava arenosa con limo, color café oscuro
		393	0.70 - 1.50								100	99	89	72	38	17		A-6 (3)	Limo arcillo arenoso, color gris oscuro
152	15+100 B/Izq	394	0.00 - 0.80					100	96	89	77	70	56	33	27	6		A-2-4 (0)	Arena grava limosa, color café oscuro
		395	0.80 - 1.50				100	94	90	70	47	37	26	18	29	11		A-2-6 (0)	Grava arenosa con limo, color café claro
153	15+200 B/Der	396	0.00 - 0.50							100	97	92	78	41	23	4		A-4 (3)	Limo arenoso, color cafe claro
		397	0.50 - 0.80					100	99	91	83	79	61	37	26	6		A-4 (4)	Limo arenoso con grava, color café con pinta blancas
		398	0.80 - 1.50					100	95	88	69	63	51	29	31	6		A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris con pinta café



**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
154	15+300 B/lzq	399	0.00 - 0.62					100	91	80	52	44	34	24	31	13	A-2-6 (2)	Grava arenosa arcillosa, color amarillenta con pinta negras	
		400	0.62 - 1.50								100	98	93	83	47	16	A-7-5 (11)	Arcilla limosa con arena, color rojiza con pinta gris	
155	15+400 B/Der	401	0.00 - 0.20					100	94	83	70	63	50	26	23	5	A-2-4 (0)	Arena grava limosa, color café oscura	
		402	0.20 - 1.50					100	72	65	54	46	38	27	38	17	A-2-6 (1)	Grava areno arcillosa, color blanca con pinta amarillenta	
156	15+500 B/lzq	403	0.00 - 0.48							100	88	67	61	47	26	37	8	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris con pintas café
		404	0.48 - 0.80							100	95	75	53	37	22	37	14	A-2-6 (0)	Arena gravo arcillosa, color café
		405	0.80 - 1.50								100	98	94	85	56	26	A-7-5 (20)	Arcilla limosa con arena, color café oscuro	
157	15+600 B/Der	406	0.00 - 0.60					100	98	91	73	67	50	34	34	12	A-2-6 (0)	Arena gravo limosa, color café oscuro	
		407	0.60 - 1.10								100	96	82	63	38	9	A-4 (5)	Limo arenoso, color rojizo	
		408	1.10 - 1.50							100	99	90	88	60	10	38	5	A-2-4 (0)	Arena con poca grava, limo color café claro.

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA										ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
158	15+700 B/lzq	409	0.00 - 0.40					100	95	88	78	67	56	41	37	11	A-6 (1)	Limo arcillo arenoso con grava, color café oscuro
		410	0.40 - 1.10								100	99	93	79	40	10	A-4 (9)	Limo arenoso, color café oscuro
		411	1.10 - 1.50							100	82	79	53	7	29	5	A-2-4 (0)	Arena gravosa con poco limo, color café claro
159	15+800 B/Der	412	0.00 - 0.40				100	88	84	79	72	64	51	33	30	5	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscura
		413	0.40 - 1.00					100	99	94	82	72	56	41	47	21	A-7-6 (4)	Arena arcillosa con grava, color café con pinta amarillenta
		414	1.00 - 1.50								100	99	92	79	78	48	A-7-5 (4)	Arena arcilla arenosa, color verde oscuro
160	15+900 B/lzq	415	0.00 - 0.80						100	88	45	43	39	35	76	39	A-2-7 (4)	Grava arcillosa, color café oscuro
		416	0.80 - 1.50								100	92	82	64	33	7	A-4 (3)	Limo arenoso, color verde oscuro
161	16+000 B/Der	417	0.00 - 0.35						100	96	89	73	55	32	28	3	A-2-4 (0)	Arena limosa con poca grava, color café claro
		418	0.35 - 1.05					100	93	71	52	45	38	29	52	22	A-2-7 (2)	Grava areno arcillosa, color café claro
		419	1.05 - 1.50								100	87	65	49	58	27	A-7-5 (10)	Arcilla arenosa, color verde oscura

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
162	16+100 B/Izq	420	0.00 - 0.20							100	91	83	68	54	32	9	A-4 (3)	Limo arenoso, color café oscuro.	
		421	0.20 - 0.60								100	98	93	87	54	16	A-7-5 (18)	Arcilla limosa con poca arena, color rojizo con pintas amarillentas.	
		422	0.60 - 1.20								100	99	96	90	58	21	A-7-5 (20)	Arcilla limosa, color café claro.	
		423	1.20 - 1.50								100	97	92	85	50	12	A-7-5 (14)	Arcilla limosa con poca arena, color amarillenta	
163	16+200 B/Der	424	0.00 - 0.50						100	83	65	58	47	27	30	4	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café oscura.	
		425	0.50 - 0.78								100	97	85	70	46	19	A-7-6 (12)	Arcilla limo arenosa, color gris oscuro.	
		426	0.78 - 1.10						100	85	44	43	41	34	70	41	A-2-7 (4)	Grava arcillosa con poca arena, color café claro	
		427	1.10 - 1.50								100	97	88	82	68	39	5	A-2-4 (0)	Arena limosa con poca grava, color gris oscura.
164	16+300 B/Izq	428	0.00 - 0.60						100	95	84	77	63	34	31	5	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color gris oscuro.	
		429	0.60 - 1.20							100	96	87	77	60	36	31	12	A-2-6 (0)	Arena limosa con poca grava, color café oscura.
		430	1.20 - 1.50								100	99	95	88	37	18	A-6 (3)	Limo arcilloso con poca arena, color gris oscuro	
165	16+400 B/Der	431	0.00 - 0.40						100	95	83	72	55	31	32	14	A-2-6 (0)	Arena arcillosa con grava, color café clara.	
		432	0.40 - 0.90								100	97	92	84	46	22	A-7-6 (14)	Arcilla con arena, color gris oscura.	
		433	0.90 - 1.50							100	85	84	80	72	40	7	A-6 (0)	Limo con arena y grava, color gris oscuro.	
166	16+500 B/Izq	434	0.00 - 0.45						100	98	85	73	57	37	39	12	A-6 (0)	Limo arenoso con poca grava, color café oscuro	
		435	0.45 - 1.50								100	97	92	82	38	16	A-6 (2)	Limo arcillo arenoso, color café oscuro.	

**Continuación - Granulometria de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES				
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo	
167	16+600 B/Der	436	0.00 - 0.48		100	72	68	58	55	45	28	23	14	8	33	10	A-2-4 (0)	Grava arenosa con poco limo, color gris con pintas café.	
		437	0.48 - 1.00								100	93	86	79	61	32	A-7-6 (20)	Arcilla arenosa, color café.	
		438	1.00 - 1.50						100	99	88	83	71	56	52	21	A-7-5 (9)	Arcilla arenosa con poca grava, color amarillenta	
168	16+700 B/Izq	439	0.00 - 0.70					100	93	87	77	70	59	41	30	3	A-4 (0)	Limo areno gravoso, color café con pinta gris.	
		440	0.70 - 1.50							100	88	79	60	29	28	3	A-2-4 (0)	Arena limosa con poca grava, color café claro.	
169	16+800 B/Der	441	0.00 - 1.50							100	92	70	16	6	N.P	N.P	A-1-b (0)	Arena, color café claro.	
170	16+900 B/Izq	442	0.00 - 0.20							100	88	81	69	41	28	9	A-4 (0)	Limo arenoso con poca grava, color café claro.	
		443	0.20 - 0.60							100	98	94	88	60	16	N.P	N.P	A-2-4 (0)	Arena con limo, color gris oscuro.
		444	0.60 - 1.50								100	96	87	35	N.P	N.P	A-2-4 (0)	Arena limosa, color café claro.	
171	17+000 B/Der	445	0.00 - 0.15				100	90	78	58	38	29	20	13	31	13	A-2-6 (0)	Grava arenosa con poco limo, color gris con pinta café.	
		446	0.15 - 0.30					100	95	87	73	60	43	27	30	10	A-2-4 (0)	Arena gravo limosa, color café claro.	
		447	0.30 - 0.80								100	84	64	46	28	46	15	A-2-7 (1)	Arena arcillosa con grava, color gris.
		448	0.80 - 1.50								100	83	67	45	34	6	A-4 (1)	Limo arenoso, color café oscuro.	

**Continuación - Granulometría de los sondeos de línea**

SONDEO No.	ESTACIONAMIENTO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES			
				3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No.4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	I.P %	Clasificación H.R.B	Tipo de Suelo
172	17+100 B/Izq	449	0.00 - 0.30						100	91	72	59	46	38	44	17	A-2-7 (2)	Arena gravo arcillosa, color café con pintas blancas.
		450	0.30 - 1.50						100	85	56	37	23	14	45	13	A-2-7 (0)	Grava arenosa con limo, color amarillento con pintas blancas.
173	17+200 B/Der	451	0.00 - 0.62				100	78	68	44	26	16	10	8	34	16	A-2-6 (0)	Grava arenosa con arcilla, color gris.
		452	0.62 - 0.90				100	97	96	88	76	63	48	30	32	12	A-2-6 (0)	Arena gravo limosa, color gris.
		453	0.90 - 1.20						100	92	81	65	47	37	N.P	N.P	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava, color gris.
		454	1.20 - 1.50						100	90	74	65	49	42	42	16	A-7-6 (4)	Arcilla areno gravosa, color café oscura.
174	17+260 B/Izq	455	0.00 - 0.20		100	70	65	54	48	40	25	21	13	7	44	11	A-2-7 (0)	Grava con poca arena y limo, color gris.
		456	0.20 - 0.90							100	89	73	48	34	37	6	A-2-4 (0)	Arena limosa con poca grava, color café claro.
		457	0.90 - 1.50							100	79	64	44	35	47	17	A-2-7 (1)	Arena gravo limosa, color café.

Tabla No.2 CBR sobre la línea

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES							
					0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	P. Estándar AASHTO T-99				Saturación Horas	Método
									Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %		
0+000-1+000	1	1,6,7,10	1,12,14,21	90	7.4	6.4	0.9	A-2-4 (0)	1,424	12.4	1,424	12.4	96	"B"
				95	12.1	13.3	0.7							
				100	15.1	18.2	0.5							
0+000-1+000	2	2,3,4,5,8,9,11	3,6,8,10,17,19,23	90	2.5	2.1	1	A-6 (0)	1,621	16.6	1,621	16.6	96	"A"
				95	5.9	6.2	0.9	A-6 (1)						
				100	10.8	11.0	0.6	A-6 (2)						
1+000-2+000	3	13,14,15,18	29,32,35,45	90	7.6	6.9	1.4	A-2-6 (0)	1,776	17.2	1,776	17.2	96	"A"
				95	12.9	12.5	0.9	A-2-6 (2)						
				100	23.8	22.9	0.9							
1+000-2+000	4	12,17,19,21	26,42,51,60	90	2.3	2.0	1.6	A-2-7 (0)	1,616	18.6	1,616	18.6	96	"A"
				95	4.4	4.2	1.3	A-2-7 (1)						
				100	6.9	7.2	0.9	A-2-7 (2)						
1+000-2+000	5	12,13,14,15,16,17,18,19,20,21	25,28,33,36,38,41,44,50,54,58	90	9.6	8.8	0.8	A-2-4 (0)	1,556	19.9	1,556	19.9	96	"B"
				95	11.6	11.2	0.7							
				100	17.0	17.1	0.5							
1+000-2+000	6	18,19,21	46,52,59	90	3.3	3.3	1.3	A-6 (12)	1,716	14.9	1,716	14.9	96	"A"
				95	4.9	4.3	1.2	A-6 (11)						
				100	7.6	7.5	0.9	A-6 (0)						

**Continuación - CBR sobre la línea**

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES							
					0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	P. Estándar AASHTO T-99				Saturación Horas	Método
									Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %		
2+000-3+000	7	22,28	62,77,78	90	4.1	3.9	1.1	A-6 (2)	1,690	21.2	1,690	21.2	96	"A"
				95	5.4	5.2	0.8	A-6 (4)						
				100	6.0	5.5	0.6	A-6 (3)						
2+000-3+000	8	22,25,28,31	64,69,79,84,85,86	90	1.2	1.1	2.7	A-6 (12)	1,340	28.0	1,340	28.0	96	"A"
				95	1.4	1.2	1.9	A-6 (14)						
				100	1.6	1.4	1.6	A-6 (16) A-6 (8)						
3+000-4+000	9	32,34,36,37,38	88,94,100,105,108	90	2.3	2.0	1.7	A-6 (3)	1,482	29.6	1,482	29.6	96	"A"
				95	3.6	2.9	1.5	A-6 (5)						
				100	6.2	6.0	1.3	A-6 (0)						
3+000-4+000	10	33,36,32,39,40	93,101,87,110,112	90	2.3	2.0	2.8	A-7-6	1,482	27.9	1,482	27.9	96	"A"
				95	3.4	2.8	2.2	(8,10,12,14,15)						
				100	4.0	3.7	1.7							
4+000-5+000	11	42,45,46,47,50	122,125,128,138	90	5.3	4.2	1.5	A-2-6 (0)	1,208	34.4	1,208	34.4	96	"A"
				95	7.3	7.1	1.2							
				100	11.5	11.1	0.9							
4+000-5+000	12	47,48,49	129,132,135,136	90	2.5	2.3	2.2	A-7-6 (4,11,12,13)	1,379	33.9	1,379	33.9	97	"A"
				95	3.7	3.3	1.9							
				100	4.3	4.2	1.5							

**Continuación - CBR sobre la línea**

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES							
					0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	P. Estándar AASHTO T-99				Saturación Horas	Método
									Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %		
5+000-6+000	13	53,54,5 5,57,59, 60,61	145,146, 147,152, 156,162, 163,167	90	7.0	6.6	0.4	A-2-7 (0) A-2-7 (1)	1,653	19.2	1,653	19.2	96	"A"
				95	10.2	9.5	0.3							
				100	16.1	14.9	0.3							
5+000-6+000	14	58,59,6 0	59,161, 165	90	1.1	1.0	2.2	A-7-6 (3) A-7-6 (1) A-7-6 (9)	1,521	21.4	1,521	21.4	96	"A"
				95	2.1	2.1	1.7							
				100	4.7	4.1	1.6							
5+000-6+000	15	58,61	158,168	90	1.4	1.3	4.1	A-7-6 (20)	1,387	26.0	1,387	26.0	96	"A"
				95	2.5	2.4	3.8							
				100	3.8	4.2	3.6							
6+000-7+000	16	63,64,6 5,67	173,174, 176,181	90	4.7	4.0	1.7	A-2-6 (0)	1,656	17.9	1,656	17.9	96	"C"
				95	5.7	4.7	1.3							
				100	9.7	8.3	1.0							
6+000-7+000	17	62,64,6 7,68,69, 70,71	172,175, 180,183, 186,189, 191	90	1.8	1.4	3.1	A-7-6 (1,8,9,15,18)	1,448	19.6	1,448	19.6	96	"A"
				95	4.3	3.9	2.8							
				100	6.7	6.3	7.0							
6+000-7+000	18	65,70	177,188	90	1.2	1.1	5.3	A-7-6 (20)	1,330	34.4	1,330	34.4	97	"A"
				95	2.8	2.3	4.9							
				100	3.8	3.8	4.8							



**Continuación - CBR sobre la línea**

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES							
					0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	P. Estándar AASHTO T-99				Saturación Horas	Método
									Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %		
7+000-8+000	19	72,74	195,200	90	1.8	1.4	6.1	A-7-6 (20)	1,318	29.4	1,318	29.4	96	"A"
				95	3.3	2.9	5.4							
				100	4.7	3.8	4.4							
7+000-8+000	20	64,75,7 6,79,80	202,203, 207,211, 215	90	1.6	1.3	1.9	A-7-5 (13)	1,347	26.2	1,347	26.2	96	"A"
				95	2.5	2.7	1.6	A-7-5 (14)						
				100	5.1	4.7	1.4	A-7-5 (18)						
8+000-9+000	21	84,87,9 0	225,233, 243,244	90	1.4	1.3	6.5	A-7-6 (19)	1,378	29.6	1,378	29.6	96	"A"
				95	2.5	2.4	6.1	A-7-6 (20)						
				100	2.8	3.6	5.7							
8+000-9+000	22	83,88,9 0,91	222,236, 242,246	90	10.7	9.0	2.0	A-2-6 (0)	1,587	18.3	1,587	18.3	96	"C"
				95	24.1	19.4	1.5							
				100	38.0	34.4	1.0							
9+000-10+000	23	94,95,9 9,101	253,255, 267,272	90	3.3	2.9	3.0	A-7-6 (13)	1,443	25.1	1,443	25.1	96	"A"
				95	3.8	3.4	2.6	A-7-6 (17)						
				100	6.8	6.4	2.1	A-7-6 (18) A-7-6 (19)						
9+000-10+000	24	96,97,9 9	258,262, 269	90	9.4	7.6	1.7	A-2-6 (0)	1,665	20.4	1,665	20.4	96	"C"
				95	18.8	17.2	0.9	A-2-6 (1)						
				100	28.0	26.6	1.0							

### Continuación - CBR sobre la línea

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES							
					0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	P. Estándar AASHTO T-99				Saturación Horas	Método
									Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %		
10+000-11+000	25	102,103,108,111	275,278,290,291,297	90	9.0	9.5	0.5	A-4 (1) A-4 (0)	1,599	22.1	1,599	22.1	96	"A"
				95	11.2	12.9	0.3							
				100	13.3	15.1	0.2							
10+000-11+000	26	102,105,106,108,110,111	276,282,284,289,295,298	90	15.5	16.2	0.4	A-2-4 (0)	1,750	32.2	1,750	32.2	96	"A"
				95	21.3	25.9	0.2							
				100	25.8	28.5	0.3							
11+000-12+000	27	113,115,117,118,119,121	306,312,317,320,321,323.	90	11.2	11.6	0.2	A-2-4 (0)	1,673	15.3	1,673	15.3	96	"A"
				95	18.7	18.4	0.2							
				100	27.2	29.8	0.1							
11+000-12+000	28	114,118,120	309,310,319,322	90	10.6	9.9	0.6	A-2-6 (0)	1,317	23.6	1,317	23.6	96	"A"
				95	14.2	14.2	0.4							
				100	19.9	19.4	0.3							
12+000-13+000	29	123,127,131	329,336,344	90	5.4	5.1	0.3	A-4 (1) A-4 (2) A-4 (4)	1,466	28.7	1,466	28.7	96	"A"
				95	7.7	7.5	0.2							
				100	9.2	8.8	0.1							
12+000-13+000	30	122,126,127,129,130	328,334,335,337,340,342	90	3.9	3.6	0.8	A-7-5 (2,3,4,5)	1,453	22.2	1,453	22.2	96	"C"
				95	5.0	4.5	0.5							
				100	7.3	6.6	0.3							

**Continuación - CBR sobre la línea**

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES							
					0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	P. Estándar AASHTO T-99				Saturación Horas	Método
									Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %		
13+000-14+000	31	133,135 ,138,13 9,140	349,354, 362,364, 365	90	3.3	2.8	1.9	A-7-6 (2) A-7-6 (3) A-7-6 (7)	1,412	21.9	1,412	21.9	96	"A"
				95	4.1	3.7	1.2							
				100	4.9	4.3	0.7							
13+000-14+000	32	132,133 ,134	346,348, 352	90	15.0	16.6	0.2	A-1-a (0)	1,444	19.2	1,444	19.2	96	"A"
				95	29.8	29.8	0.1							
				100	42.0	44.7	0							
14+000-15+000	33	143,145 ,147,15 1	375,381, 393	90	14.2	14.2	0.5	A-6 (2) A-6 (3) A-6 (4)	1,468	25.0	1,468	25.0	96	"A"
				95	20.7	21.2	0.4							
				100	23.8	24.6	0.3							
14+000-15+000	34	142,144 ,146,14 7,148,1 49,150	371,377, 383,384, 387,389, 390	90	14.2	14.2	0.2	A-2-4 (0)	1,665	20.3	1,665	20.3	96	"A"
				95	20.7	21.2	0.1							
				100	23.8	24.6	0							
15+000-16+000	35	154,155 ,156,15 7	399,402, 404,406	90	3.8	3.6	0.9	A-2-6 (0) A-2-6 (1) A-2-6 (0)	1,646	17.0	1,646	17.0	96	"A"
				95	6.8	6.6	0.7							
				100	11.5	10.8	0.4							
15+000-16+000	36	153,157 ,158,16 0	407,410, 416	90	3.8	3.7	0.8	A-4 (3) A-4 (5) A-4 (9)	1,581	18.9	1,581	18.9	96	"A"
				95	7.0	6.6	0.6							
				100	9.9	10.3	0.4							

**Continuación - CBR sobre la línea**

ESTACION	GRUPO NO.	SONDEO No.	MUESTRA No.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES							
					0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	P. Estándar AASHTO T-99				Saturación Horas	Método
									Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %		
16+000-17+000	37	162,167	421,422,423,438	90	2.7	2.4	1.5	A-7-5 (9,14,18,20)	1,402	28.6	1,402	28.6	96	"A"
				95	3.9	3.6	1.1							
				100	4.9	4.4	0.9							
16+000-17+000	38	163,165,167	425,432,437	90	2.0	1.9	3.4	A-7-6 (12)	1,705	22.6	1,705	22.6	96	"A"
				95	2.6	2.6	2.8	A-7-6 (14)						
				100	3.6	3.5	2.6	A-7-6 (20)						
17+000-17+300	39	172,174	449,450,455	90	3.5	3.3	1.5	A-2-7 (0)	1,671	17.0	1,671	17.0	96	"A"
				95	4.4	4.2	1.0	A-2-7 (1)						
				100	6.3	6.7	0.9							
11+200 - 12+100	40	113,114,122,307,311,327	307,311,327	90	7.9	7.5	0.3	A-5 (3)	1,809	38.8	1,089	38.8	72	"A"
				95	13.5	13.8	0.3	A-5 (2)						
				100	21.6	21.7	0.2	A-5 (10)						
13+200 - 13+500	41	134,136	351,357	90	15.7	18.1	0.2	A-1-b (0)	1,563	23.7	1,563	23.7	72	"A"
				95	25.6	31.6	0.1							
				100	37.1	38.9	0.1							

**Tabla No.3 Resultados ensayo sobre la línea. Banco de Materiales: Los Angulo**

CALICATA	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA													ENSAYES ADICIONALES													
			3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	¾"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	L.P %	I.P %	Clasificación H.R.B	P. Estándar		P. Modificado		Peso Vol. Seco suelto kg/m³	Peso Vol. Seco compacto kg/m³	Humedad Natural %	% Desgaste Los Angeles	% Intemperismo	% Absorción	Tipo de Suelo	
																		Peso Vol. Máximo kg/m³	Humedad Optima %	Peso Vol. Máximo kg/m³	Humedad Optima %								
<b>BANCO LOS ANGULO</b>																													
1	1	0.00 - 3.00						100	86	61	42	24	15	NP	NP	NP	A-1-a (0)	1,236	25.10	1,400	24.50	1,068	1,202	15.30	67.00	21.20	21.30	Arena gravo limosa, color gris claro, N/P (No Plástico)	
2	2	0.00 - 3.00						100	92	64	46	26	15	NP	NP	NP	A-1-a (0)	1,236	25.10	1,400	24.50	955	1,096	14.20	66.20	19.80	20.30	Arena gravo limosa, color gris claro, N/P (No Plástico)	
3	3	0.00 - 1.00					100	97	91	77	55	27	17	41	30	11	A-2-7 (0)	1,326	24.10	1,588	23.00	1,222	1,387	15.20	55.90	17.20	19.60	Arena gravo limosa, color café	
	4	1.00 - 3.00						100	97	79	62	37	19	NP	NP	NP	A-1-b (0)	1,256	25.70	1,351	23.70	975	1,002	18.00	70.20	20.60	22.40	Arena gravo limosa, color gris claro, N/P (No Plástico)	

**Tabla No. 4 Resultados ensayo sobre la línea. Banco de Materiales: La Mina**

CALICATA	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA													ENSAYES ADICIONALES										Tipo de Suelo			
			3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	¾"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación H.R.B	P. Estándar		P. Modificado		Peso Vol. Seco suelto kg/m³	Peso Vol. Seco compacto kg/m³	Humedad Natural %	% Desgaste Los Angeles		% Intemperismo	% Absorción	
																		Peso Vol. Máximo kg/m³	Humedad Optima %	Peso Vol. Máximo kg/m³	Humedad Optima %								
<b>BANCO LA MINA</b>																													
1	1	0.00 - 0.60						100	97	94	90	85	79	60	31	29	A-7-5 (25)	1,367	23.50	1,545	22.00	952	1,108	14.0	-	-	23.9	Arcilla con arena y poca grava color café claro	
	2	0.60 - 1.00					100	93	73	43	20	11	N.P	N.P	N.P	A-1-a (0)	1,342	16.20	1,920	15.40	957	1,083	6.52	58.10	26.50	9.1	Arena gravosa con poco limo color gris		
2	3	0.00 - 0.70				100	91	52	28	13	6	3	29	24	5	A-1-a (0)	1,745	8.10	1,808	7.00	1,262	1,498	4.56	61.40	81.09	12.6	Grava arenosa con poco limo color café oscuro		
	4	0.70 - 1.00			100	96	79	68	40	23	16	9	5	33	23	10	A-2-4 (0)	1,763	10.60	1,923	9.50	1,281	1,535	7.33	34.60	16.56	16.0	Grava arenosa con poco limo color café oscuro	
3	5	0.00 - 0.60			100	87	70	60	43	30	23	17	12	39	23	16	A-2-6 (0)	1,798	11.00	1,920	10.00	1,334	1,598	10.13	70.60	72.40	8.61	Grava areno limosa color café claro	
	6	0.60 - 1.00	100	91	66	43	35	17	9	6	3	2	30	20	10	A-2-4 (0)	1,892	9.80	2,002	11.50	1,344	1,533	2.09	31.30	14.06	7.05	Grava con poca arena y limo color gris claro		

**Tabla No.5 Resultados ensayo sobre la línea. Banco de Materiales: El Polvorín**

CALICATA	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA											ENSAYES ADICIONALES														
			3"	2½"	% Que pasa tamiz 2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L %	L.P %	I.P %	Clasificación H.R.B	P. Estándar		P. Modificado		Peso Vol. Seco suelto kg/m <sup>3</sup>	Peso Vol. Seco compacto kg/m <sup>3</sup>	Humedad Natural %	% Desgaste Los Angeles	% Intemperismo	% Absorción	Tipo de Suelo
																		Peso Vol. Máximo kg/m <sup>3</sup>	Humedad Optima %	Peso Vol. Máximo kg/m <sup>3</sup>	Humedad Optima %							
<b>BANCO EL POLVORIN</b>																												
1	1	0.00 - 0.50		100	94	78	57	45	25	13	7	4	2	24	12	12	A-2-6 (0)	1,937	7.90	2,049	11.20	1,206	1,312	2.77	42.60	74.99	2.73	Grava con poca arena y limo arcilloso color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 74.99%.
	2	0.50 - 2.00		100	91	78	55	42	21	10	7	4	3	26	14	13	A-2-6 (0)	1,814	7.00	2,049	7.30	1,351	1,598	2.74	45.60	69.99	2.88	Grava con poca arena y limo arcilloso color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 69.99%.
2	3	0.00 - 0.70		100	95	81	64	52	30	16	10	5	2	25	17	8	A-2-4 (0)	1,860	12.90	2,001	11.60	1,409	1,568	3.66	31.60	46.02	2.88	Grava con poca arena y limo color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 46.02%.
	4	0.70 - 2.00		100	93	80	63	51	29	16	10	5	3	27	15	13	A-2-6 (0)	1,779	8.90	1,976	7.20	1,480	1,583	2.57	44.00	71.16	3.97	Grava con poca arena y limo arcilloso color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 71.16%.
3	5	0.00 - 2.00		100	93	70	48	38	19	7	3	1	1	24	17	8	A-2-4 (0)	1,794	8.50	2,072	8.10	1,418	1,647	2.01	28.50	44.73	3.98	Gravas con poca arena y limo color gris, Intemperismo Acelerado Sobre Agregado Grueso. AASHTO T-104 44.73%.

**Tabla No. 6 Tipología y descripción vehicular de conteo de tráfico del sistema de administración de pavimentos PMS.**

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadrados, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Movilizan a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos coupe y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con fines en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx=4
	Tx-Sx=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi - Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx=4
	Cx-Rx=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Camines/levelador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadores.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos 2010.MTI



**Tabla No. 7 Factores de expansión. MTI**

**FACTORES DE LA ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1802**

*Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril*

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S=>5	C-R<4	C-R=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.26	1.48	1.31	1.28	1.33	1.15	1.19	1.25	1.30	1.18	1.00	1.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
Factor Semana	0.96	1.06	1.07	1.06	0.93	0.98	1.01	0.94	0.87	0.93	1.00	1.08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.21
Factor Fin de Semana	1.11	0.88	0.87	0.87	1.22	1.06	0.98	1.20	1.57	1.25	1.00	0.84	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69
Factor Expansión a TPDA	1.18	0.98	1.09	1.04	1.04	0.82	0.97	0.97	0.98	0.76	1.00	0.99	1.00	1.00	4.00	1.00	1.60

*Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto*

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S=>5	C-R<4	C-R=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.21	1.42	1.30	1.27	1.38	1.14	1.16	1.24	1.25	1.15	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
Factor Semana	0.94	1.03	1.05	1.01	0.92	0.94	0.95	0.90	0.88	0.86	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87
Factor Fin de Semana	1.18	0.92	0.90	0.97	1.30	1.19	1.16	1.37	1.49	1.72	1.00	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.57
Factor Expansión a TPDA	0.98	1.04	0.95	0.97	0.95	1.25	1.08	0.99	1.16	1.24	1.00	0.85	1.00	1.00	4.00	1.00	0.82

*Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre*

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S=>5	C-R<4	C-R=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.24	1.41	1.33	1.30	1.39	1.16	1.17	1.23	1.26	1.10	1.00	1.39	1.00	1.00	1.05	1.00	1.29
Factor Semana	0.96	1.08	1.12	1.03	0.96	0.94	0.98	0.94	0.85	0.91	1.00	0.91	1.00	1.00	0.89	2.14	1.55
Factor Fin de Semana	1.11	0.84	0.78	0.94	1.12	1.19	1.06	1.20	1.83	1.33	1.00	1.31	1.00	1.00	1.43	0.43	0.53
Factor Expansión a TPDA	0.89	0.99	0.97	1.00	1.01	1.01	0.96	1.04	0.89	1.13	1.00	1.23	1.00	1.00	0.40	1.00	0.86

*Fuente: Anuario de Afors de Tránsito 2010, pág. Nº 226*

**Tabla No. 8 Dependencia de la estación 1802. MTI**



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA  
 DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION  
 DIVISION ADMINISTRACION VIAL  
 OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

**DEPENDENCIA DE ESTACIONES**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
<b>1802 San Marcos - Masatepe</b>	NIC-34A	3405	ECS	53.0	San Cayetano - Gutierrez Norte - Emp. Los Larios
	NIC-34	3406	ECD	61.0	Emp. Los Larios - Barrio El 45 (Inter Nic-8)
	NIC-34	3403	ECD	64.0	Barrio El 45 (Inter Nic-8) - San Pablo
	NIC-34	3402	ECS	70.0	San Pablo - Emp. Los Baltodanos
	NIC-34	3401	ECS	76.0	Emp. Los Baltodanos - La Trinidad
	NIC-34	3404	ECS	100.0	La Trinidad - Rio Escalante
	NIC-34	6204	ECD	125.9	Río Escalante - Las Salinas
	NIC-35A	3505	ECS	150.0	Estelí (Inter NIC-1) - La Estanzuela
	NIC-35A	3504	ECS	157.0	La Estanzuela - San Nicolás
	NIC-35B	3502	ECD	153.7	Estelí (Inter NIC-1) - Emp. Chilamatillo

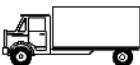











**DEPENDENCIA DE ESTACIONES**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
<b>1802 San Marcos - Masatepe</b>	NIC-5	502	ECD	173.2	El Tuma - La Dalia
	NIC-8	803	ECD	49.0	San Rafael del Sur - Inter Nic-10
	NIC-8	804	ECD	56.0	Inter Nic-10 - Emp. Masachapa
	NIC-8	805	ECD	58.9	Emp. Masachapa - Pochomil
	NIC-9	904 A	ECD	183.0	Emp. San Francisco - San Ramón
	NIC-12A	1200	ECD	17.7	Semáforos Auto Hotel Nejapa - Emp. Santa Rita
	NIC-12B	1212	ECD	149.7	El Viejo - Tom Valle
	NIC-12B	1208	ECD	165.0	Tom Valle - El Congo
	NIC-12B	1216	ECS	193.0	El Congo - Emp. Cosiguina
	NIC-12B	1231	ECD	198.0	Emp. Cosiguina - Potosí

*Fuente: Anuario de tráfico 2010. MTI*

**Tabla No. 9 Diagrama de cargas permisibles. MTI**

**DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES (FACTOR DE DAÑO)  
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS**

TIPO DE VEHICULO	ESQUEMAS DE VEHICULOS	FACTOR DE DAÑO POR PESO MAXIMO AUTORIZADO						FACTOR DAÑO (SN=5, PF=2,0)	
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje		
LMIANO								0,003	
C2		0,13	2,36					2,49	
C3		0,13	1,44					1,57	
C4		0,13	0,69					0,82	
T2-S1		0,13	1,52	1,52				3,17	
T2-S2		0,13	1,52	1,27				2,91	
T2-S3		0,13	1,52	0,69				2,34	
T3-S1		0,13	1,27		1,52			2,91	
T3-S2		0,13	1,27		1,27			2,66	
T3-S3		0,13	1,27		0,69			2,08	
C2-R2		a	0,08	1,52	0,05	0,05		1,70	
		b	0,08	1,52	0,38	0,38		2,36	
C3-R2		a	0,13	1,27		0,05	0,05	1,49	
		b	0,13	0,63	0,63	0,38	0,38	2,15	
C3-R3		a	0,13	1,27		0,05	0,13	0,13	1,70
		b	0,13	0,63	0,63	0,38	0,13	0,13	2,03

**NOTA:** El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.



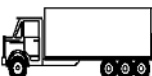





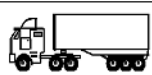



**a :** Eje sencillo llanta sencilla.

**b :** Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Anuario de tráfico 2010. MTI

Tabla No. 10 Diagrama de cargas permisibles. MTI

**DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES APLICADOS EN LOS PUNTOS DE CONTROL  
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS**

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

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: Anuario de tráfico 2010. MTI

**Tabla No.11 Factores de daño.**

**Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples,  $p_t = 2.0$**

*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: Guía de pavimento AASHTO 93*

## Tabla No. 12 Factores de daño.

Factores equivalentes de carga parapavimentos flexibles, ejes tandem,

Pt = 2.0

D-4

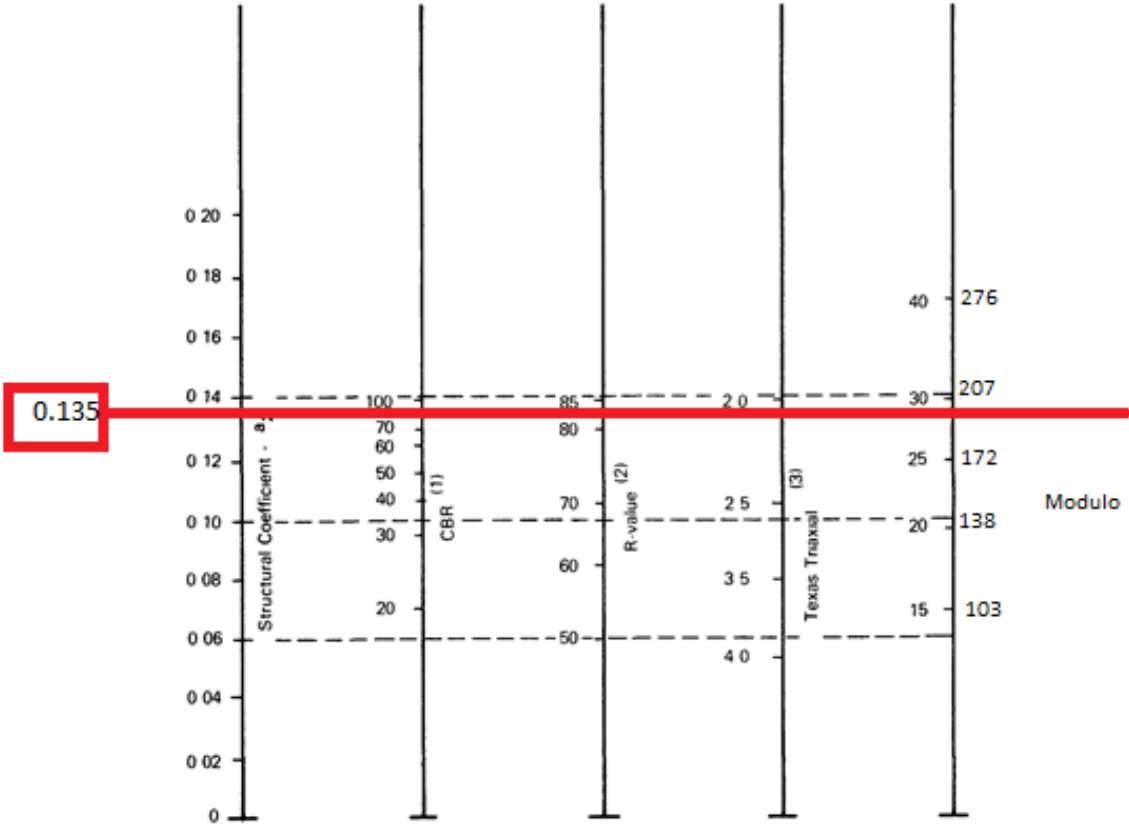
Design of Pavement Structures

**Table D.2. Axle Load Equivalency Factors For Flexible Pavements, Tandem Axles and p<sub>t</sub> of 2.0**

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0000	0000	0000	0000	0000	0000
4	0003	0003	0003	0002	0002	0002
6	001	001	001	001	001	001
8	003	003	003	003	003	002
10	007	008	008	007	006	006
12	013	016	016	014	013	012
14	024	029	029	026	024	023
16	041	048	050	046	042	040
18	066	077	081	075	069	066
20	103	117	124	117	109	105
22	156	171	183	174	164	158
24	227	244	260	252	239	231
26	322	340	360	353	338	329
28	447	465	487	481	466	455
30	607	623	646	643	627	617
32	810	823	843	842	829	819
34	1 06	1 07	1 08	1 08	1 08	1 07
36	1 38	1 38	1 38	1 38	1 38	1 38
38	1 76	1 75	1 73	1 72	1 73	1 74
40	2 22	2 19	2 15	2 13	2 16	2 18
42	2 77	2 73	2 64	2 62	2 66	2 70
44	3 42	3 36	3 23	3 18	3 24	3 31
46	4 20	4 11	3 92	3 83	3 91	4 02
48	5 10	4 98	4 72	4 58	4 68	4 83
50	6 15	5 99	5 64	5 44	5 56	5 77
52	7 37	7 16	6 71	6 43	6 56	6 83
54	8 77	8 51	7 93	7 55	7 69	8 03
56	10 4	10 1	9 3	8 8	9 0	9 4
58	12 2	11 8	10 9	10 3	10 4	10 9
60	14 3	13 8	12 7	11 9	12 0	12 6
62	16 6	16 0	14 7	13 7	13 8	14 5
64	19 3	18 6	17 0	15 8	15 8	16 6
66	22 2	21 4	19 6	18 0	18 0	18 9
68	25 5	24 6	22 4	20 6	20 5	21 5
70	29 2	28 1	25 6	23 4	23 2	24 3
72	33 3	32 0	29 1	26 5	26 2	27 4
74	37 8	36 4	33 0	30 0	29 4	30 8
76	42 8	41 2	37 3	33 8	33 1	34 5
78	48 4	46 5	42 0	38 0	37 0	38 6
80	54 4	52 3	47 2	42 5	41 3	43 0
82	61 1	58 7	52 9	47 6	46 0	47 8
84	68 4	65 7	59 2	53 0	51 2	53 0
86	76 3	73 3	66 0	59 0	56 8	58 6
88	85 0	81 6	73 4	65 5	62 8	64 7
90	94 4	90 6	81 5	72 6	69 4	71 3

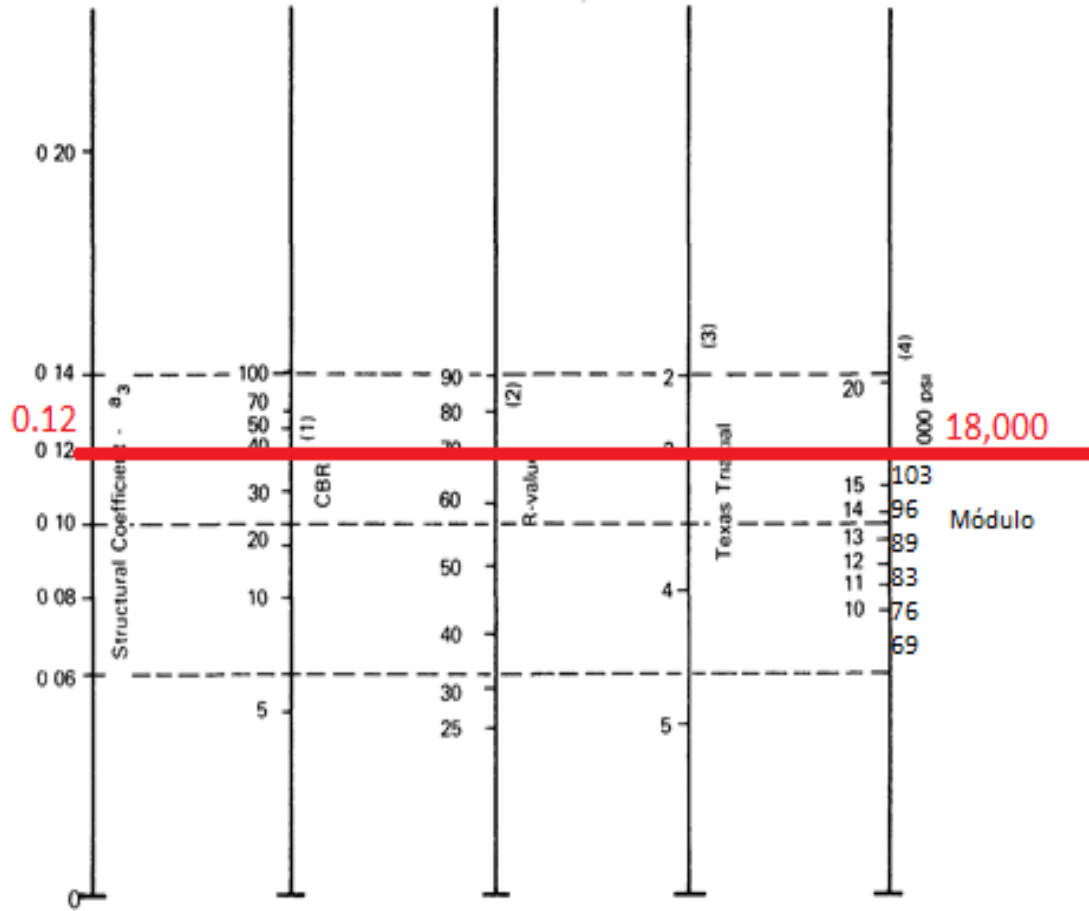
*Fuente: Diseño de pavimento AASHTO 93.*

Grafico No. 6 Nomograma para base granular.



Fuente: Diseño Pavimento AASHTO 93

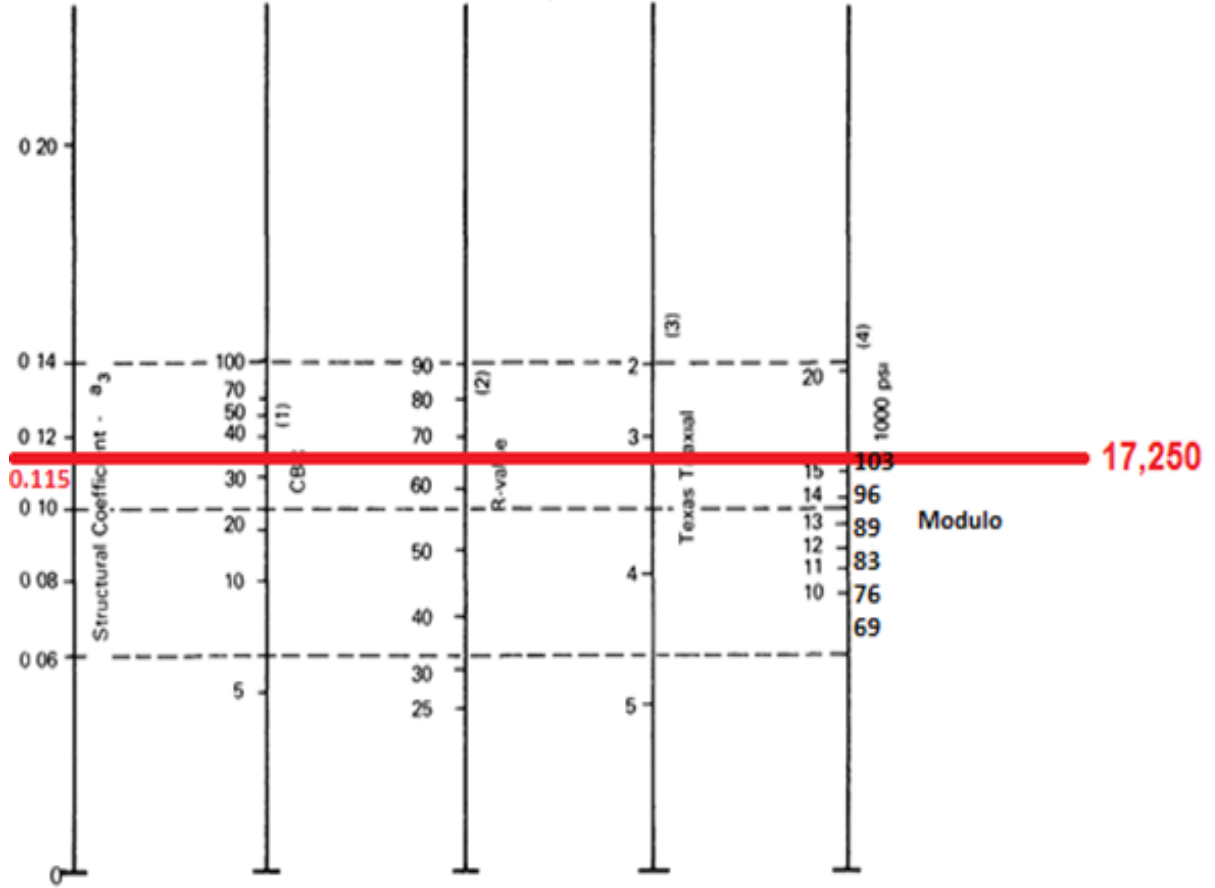
Grafico No.7 Nomograma para sub-base granular.



Fuente: Diseño Pavimento AASHTO 93

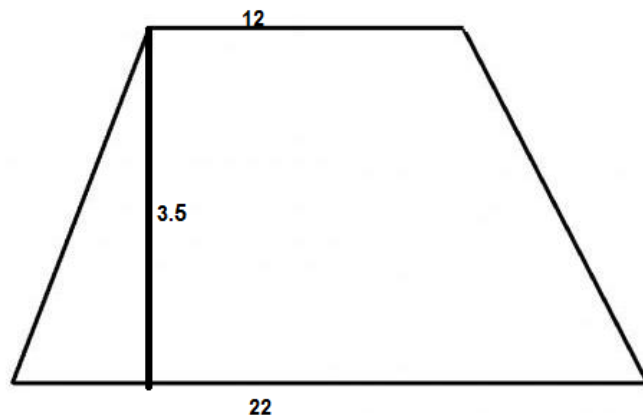
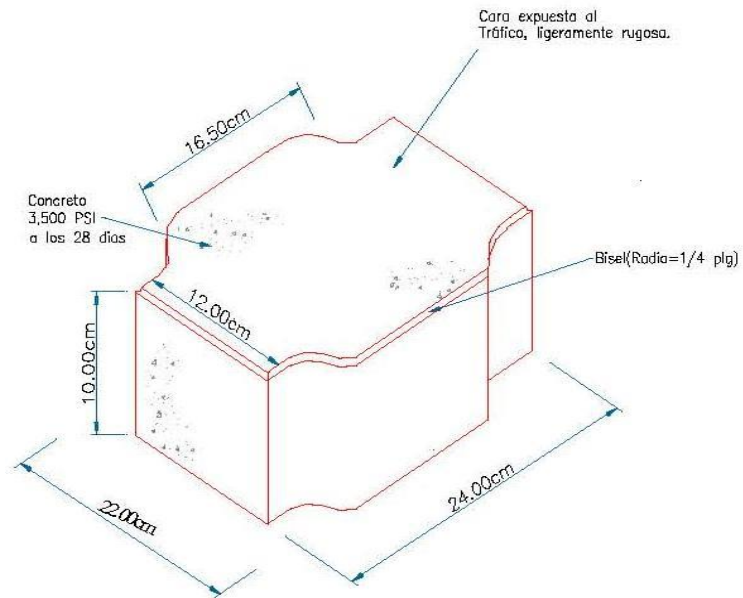


Grafico No. 8 Nomograma para sub-rasante



Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93

## Área de adoquín



$$\text{Area del trapecio} = \frac{B + b}{2} * h$$

$$A = \frac{22 + 12}{2} * 3.5$$

$$A = 63.75 \text{ cm}^2$$

22



$$\text{Area del rectángulo} = B * h$$

$$A = 22 * 16.5$$

$$A = 363 \text{ cm}^2$$

$$A_T = 2 * \text{Area del trapecio} + \text{Area del rectángulo}$$

$$A_T = 2 * 63.75 \text{ cm}^2 + 363 \text{ cm}^2$$

$$A_T = 490.5 \text{ cm}^2$$

Se conoce que  $1 \text{ m}^2 = 10,000 \text{ cm}^2$ , entonces:

$$\text{Cantidad de adoquines por m}^2 = \frac{490.5 \text{ cm}^2}{10,000 \text{ cm}^2} = 20.38 \sim 21 \text{ unidades}$$