



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-GM-INF-06-2015

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PARA LA RUTA CANTONAL 2-02-040 BAJO RODRIGUEZ-SANTA CLARA

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica
Julio, 2015



Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.4, Art. 48 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

Información técnica del documento

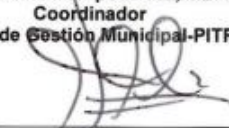
1. Informe LM-PI-GM-INF-06-2015		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PARA LA RUTA CANTONAL 2-02-040 BAJO RODRIGUEZ-SANTA CLARA		4. Fecha del Informe Julio, 2015
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen Se presentan en este informe los resultados del proceso de evaluación de la condición actual de las vías y una propuesta de diseño de estructuras de pavimento para la Ruta Cantonal 2-02-040. Este informe es resultado de la gestión planteada por la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de San Ramón. El informe presenta los resultados de los conteos vehiculares, pruebas de deflectometría de impacto, retro cálculo de módulos para las capas de subrasante, subbase y base, pruebas de caracterización de los materiales y sondeos de campo; finalmente, se hace una propuesta de diseño de intervención para dos periodos diferentes.		
10. Palabras clave Evaluación de vías, estructuras de pavimento, Municipalidad de San Ramón	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 43
13. Preparado por: Ing. Josué Quesada Campos Ingeniero Civil Unidad de Gestión Municipal-PITRA  Fecha: 29/7/15	14. Revisado por Lic. Carlos Campos Cruz, MBA. Coordinador Unidad de Gestión Municipal-PITRA  Fecha: 29/07/15	
	15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, Ph. D. Coordinador General PITRA  Fecha: 29/7/15	

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	UBICACIÓN.....	5
3.	ALCANCE Y LIMITACIONES	6
4.	METODOLOGÍA.....	7
5.	RESULTADOS OBTENIDOS	8
5.1	CONTEOS VEHICULARES	8
5.2	CAPACIDAD ESTRUCTURAL	10
5.3	SONDEOS	12
5.4	PRUEBAS DE LABORATORIO	13
5.5	TRAMOS HOMOGÉNEOS.....	14
5.6	MODULOS RESILIENTES.....	15
5.7	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN.....	19
6.	CONCLUSIONES	22
7.	RECOMENDACIONES	22
8.	ANEXOS	23



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al informe de evaluación de la condición estructural actual de la Ruta Cantonal 2-02-040 perteneciente al cantón de San Ramón y a la presentación de una propuesta de diseño de las estructuras de pavimento a construir a lo largo de la ruta.

El estudio se realizó de acuerdo con la gestión planteada por parte de la Municipalidad de San Ramón a la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR y dentro de las potestades otorgadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114 y el reglamento 8603 sobre el trabajo que se puede realizar en conjunto con las Municipalidades; misma que se inició en el mes de noviembre del año 2012 mediante un acercamiento verbal y solicitud vía correo electrónico.

El estudio se desarrolló por medio de cuatro etapas secuenciales iniciando por la realización de conteos vehiculares, posteriormente se realizó el ensayo de medición de deflectometría de impacto, a continuación se ejecutaron sondeos en diferentes puntos de la ruta obteniendo espesores y materiales de base, subbase y subrasante que fueron caracterizados en el laboratorio; finalmente, se procedió al análisis de la información y generación de las alternativas de intervención planteadas.

Se adjuntan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y los formularios de sondeos ejecutados con la colaboración de la comunidad.

2. UBICACIÓN

El estudio se ubicó sobre la Ruta Cantonal 2-02-040 ubicada entre las localidades de Bajo Rodríguez de San Ramón y Santa Clara de San Carlos, desde la intersección con la Ruta Nacional 702 hasta la intersección con la Ruta Nacional 141.

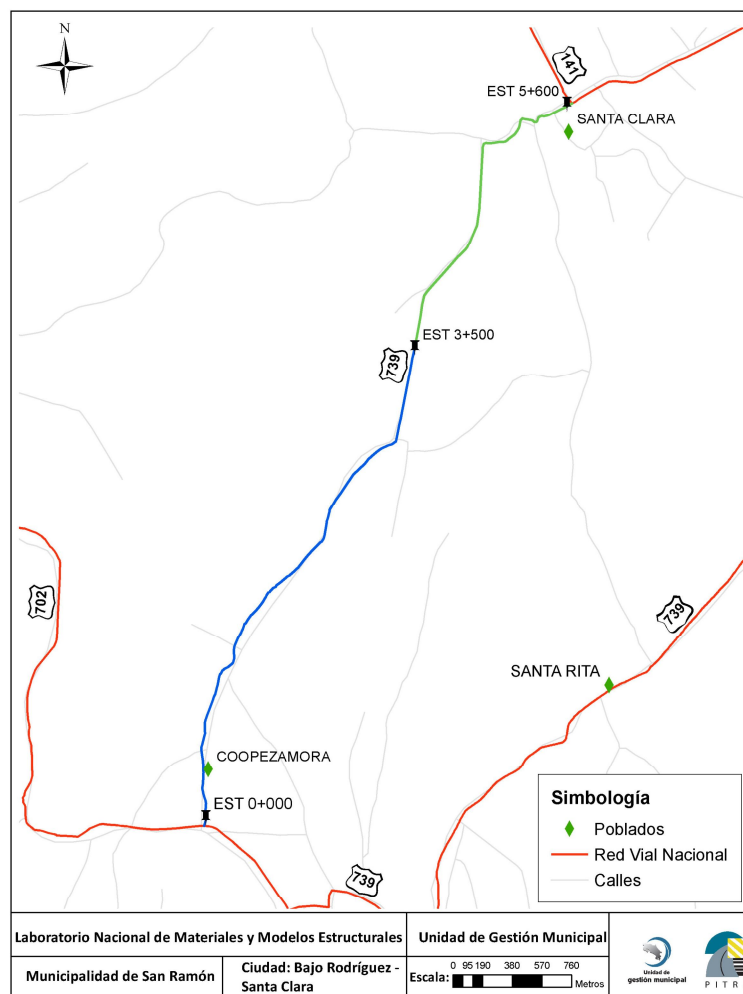


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

Fuente: UGM-PITRA-Lanamme UCR

3. ALCANCE Y LIMITACIONES

Las restricciones que definen el rango de aplicación del presente estudio están asociadas con varios aspectos relacionados con las características propias de la zona, los ensayos de campo y laboratorio realizados, así como del tipo de soluciones propuestas como se detalla a continuación:

- El estudio se realizó en la totalidad de los 5.6 km que componen la ruta, por lo que los resultados obtenidos son representativos y consideran las condiciones propias de la vía en cuanto a su configuración de capas de pavimento como su composición de tránsito.
- No se ejecutaron pruebas que muestren la condición superficial de la vía, sin embargo en sitio es posible observar una gran cantidad de bacheos y algunos huecos de diferente tamaño que dificultan la conducción sobre la vía. Se asume que la intervención que se realizaría en la zona mejoraría sustancialmente esta condición superficial.
- La ubicación de los sondeos ejecutados fueron determinados con base en la tramificación homogénea basada en la deflectometría realizada. De dicho análisis se notaron diferencias de comportamiento en varios sectores de la ruta que mostraron la necesidad de ejecutar cuatro sondeos.
- Las propuestas de diseño consideran las condiciones de espesores existentes y tipos de materiales en la zona; además, se basan en las condiciones de tránsito medido y se asumen ciertas condiciones y valores necesarios para ejecutar el diseño. Es importante mencionar que estas propuestas podrían verse modificadas según el criterio de los responsables de la obra, por lo que no se considera que las mismas constituyan un diseño definitivo sino una guía sobre la magnitud de las intervenciones a realizar para mantener un buen comportamiento de la estructura durante el periodo de diseño establecido.



4. METODOLOGÍA

El estudio realizado se realizó siguiendo una secuencia lógica de cuatro etapas: (a) ejecución de conteos vehiculares, (b) medición de capacidad estructural actual por medio de la prueba de deflectometría, (c) ejecución de sondeos en campo y caracterización en laboratorio de los materiales de base, subbase y subrasante, y finalmente (d) realización del procesamiento de los datos y el diseño de las alternativas de intervención.

El proceso de recolección de información de campo se realizó por parte de personal profesional y técnico de la Unidad de Gestión Municipal del PITRA-LanammeUCR en materia de carreteras; los conteos vehiculares fueron ejecutados durante el mes de noviembre de 2012, en tanto que las pruebas de deflectometría se realizaron el día 19 de febrero de 2013, por último, los sondeos en campo se ejecutaron el 29 de abril de 2013. Cada una de estos procesos fue seguido de un análisis y procesamiento de datos en las oficinas del LanammeUCR en busca de la solución más adecuada desde el punto de vista técnico y de acuerdo a los recursos disponibles en la zona. Se tomó como referencia la legislación, reglamento y especificaciones vigentes para cada aspecto del análisis, así como el criterio profesional experto del personal del LanammeUCR.

La solución propuesta corresponde con las condiciones mínimas que se deben respetar durante la etapa de diseño final y posterior proceso constructivo para garantizar la funcionalidad y durabilidad de la infraestructura. Los productos finales incluyen el prediseño de las estructuras de pavimento.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de los procesos de evaluación en la Ruta Cantonal 2-02-040.

5.1 CONTEOS VEHICULARES

Los conteos vehiculares ejecutados en la ruta se ubicaron de acuerdo a la experiencia y al conocimiento de la ruta por parte de los miembros de la Unidad de Gestión Vial de la Municipalidad de San Ramón y del LanammeUCR. Estos se ubican en puntos donde se obtiene una muestra representativa del tránsito de la zona y en las cercanías de zonas donde se modifica la condición de cantidad y tipo de vehículos. En total se realizaron tres conteos vehiculares durante periodos de 24 horas en las ubicaciones mostradas en la figura 2.

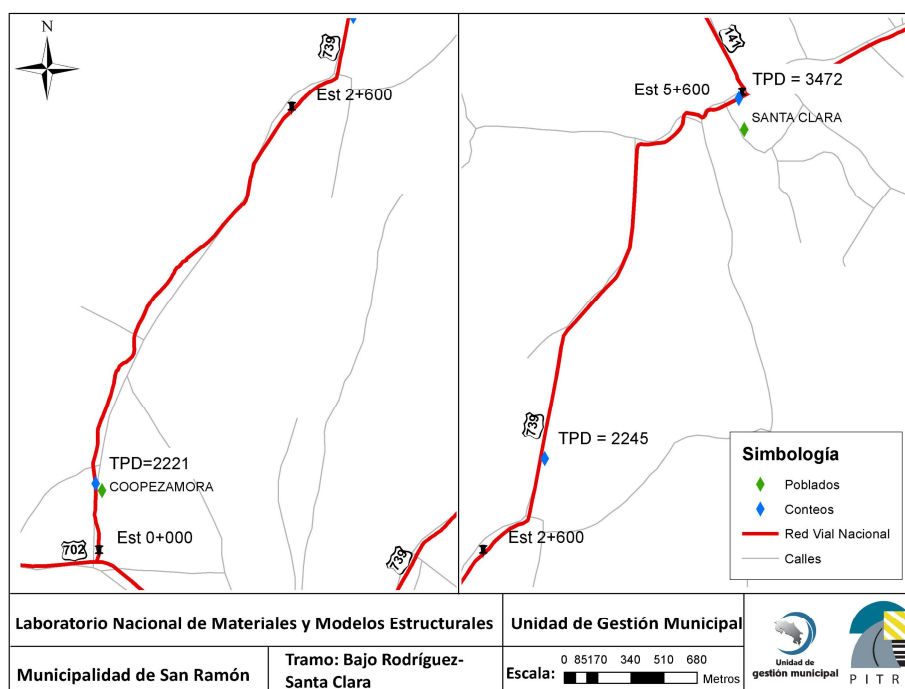


Figura 2. Conteos vehiculares en Ruta 2-02-040

Fuente: Lanamme UCR

Los resultados obtenidos de los conteos vehiculares y el procesamiento de los datos dio como resultado que el Tránsito Promedio Diario es aproximadamente igual en una amplia longitud de la vía (conteo 1 y 2), en tanto que se midió un mayor valor en la sección comprendida en las cercanías de la intersección con la Ruta 141 (Santa Clara). Para la estimación de los ejes equivalentes de diseño se utilizaran los valores obtenidos de los conteos 1 y 2 dado que representan una mayor proporción de la ruta.

Es importante notar que los porcentajes medidos de vehículos clasificados como medianos y pesados superan en todos los puntos el 10%; esta consideración es acorde a lo visto en campo, pues en esta zona existen industrias dedicadas a la extracción de materiales de construcción que generan tránsito pesado en la zona. Esto evidentemente tiene una influencia importante en el dimensionamiento de espesores en la propuesta de diseño. En la tabla 1 se muestran los resultados de los sondeos.

CONTEO	UBICACIÓN	FECHA	TPD CALCULADO	CLASIFICACION MOPT												% MEDIANOS + PESADOS
				MOTOS	AUTOMOVIL		C2, C2+, BUS	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	T3-S3-S3	T3-S5-S3	
				CLASIFICACION ARX												
				LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS						
			CLS1	CLS2	CLS3	CLS4	CLS5	CLS6	CLS7	CLS8	CLS9	CLS10	CLS11	CLS12		
1	Bajo Rodriguez (Antes de Escuela) 10° 19' 06,7'' 84° 32' 13,3''	Del 3 al 7 de Diciembre 2012	3.043	1.294	8.397	72	983	163	11	4	4	4	-	1	-	10.70%
2	Entrada HM 10° 20' 54,5'' 84° 31' 18,9''	Del 19 al 23 de Noviembre 2012	3.076	789	6.501	45	854	261	14	1	2	17	3	-	-	13.57%
3	Santa Clara Contiguo a Soda Katty 10° 21' 23,8'' 84° 31' 00,2''	Del 26 al 30 de Noviembre 2012	3.472	1.382	9.501	92	1.183	375	71	3	6	47	11	2	-	13.40%
	PROMEDIO		3.197.00													

Tabla 1. Resultados de los conteos vehiculares Ruta 2-02-040
Fuente: Lanamme UCR

5.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL

La capacidad estructural de un pavimento es una de las variables más importantes en la determinación de las intervenciones a realizar para el mejoramiento de una vía. En el caso de la Ruta 2-02-040 se realizó la evaluación de esta capacidad por medio de la prueba de deflectometría en la totalidad del kilometraje. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 3.

Los resultados de la deflectometría se subdividen en rangos que dependen de la cantidad de tránsito que se tiene en la vía, de esta manera, existen cuatro subdivisiones para los posibles resultados de la deflectometría, tal y como se muestra en la tabla 2.

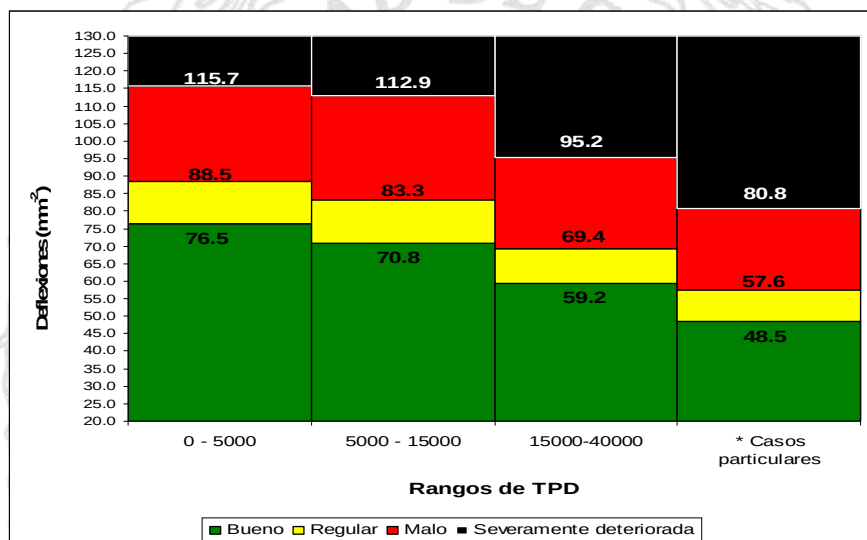


Tabla 2. Rangos de deflectometría y clasificación
Fuente: Lanamme UCR

Tomando en consideración los volúmenes vehiculares medidos y los resultados obtenidos de la prueba se puede observar que todos los puntos medidos están en la categoría de “bueno”. Inicialmente se puede atribuir el deterioro de la vía entonces a la capa de superficie de ruedo (carpeta existente). Para una visión completa de la capacidad estructural de la vía, se realizaron estimaciones de los módulos resilientes de las diferentes capas de material. Para esto se utilizan resultados generados por la misma prueba de deflectometría y se complementan con los espesores medidos en la estructura de pavimentos.

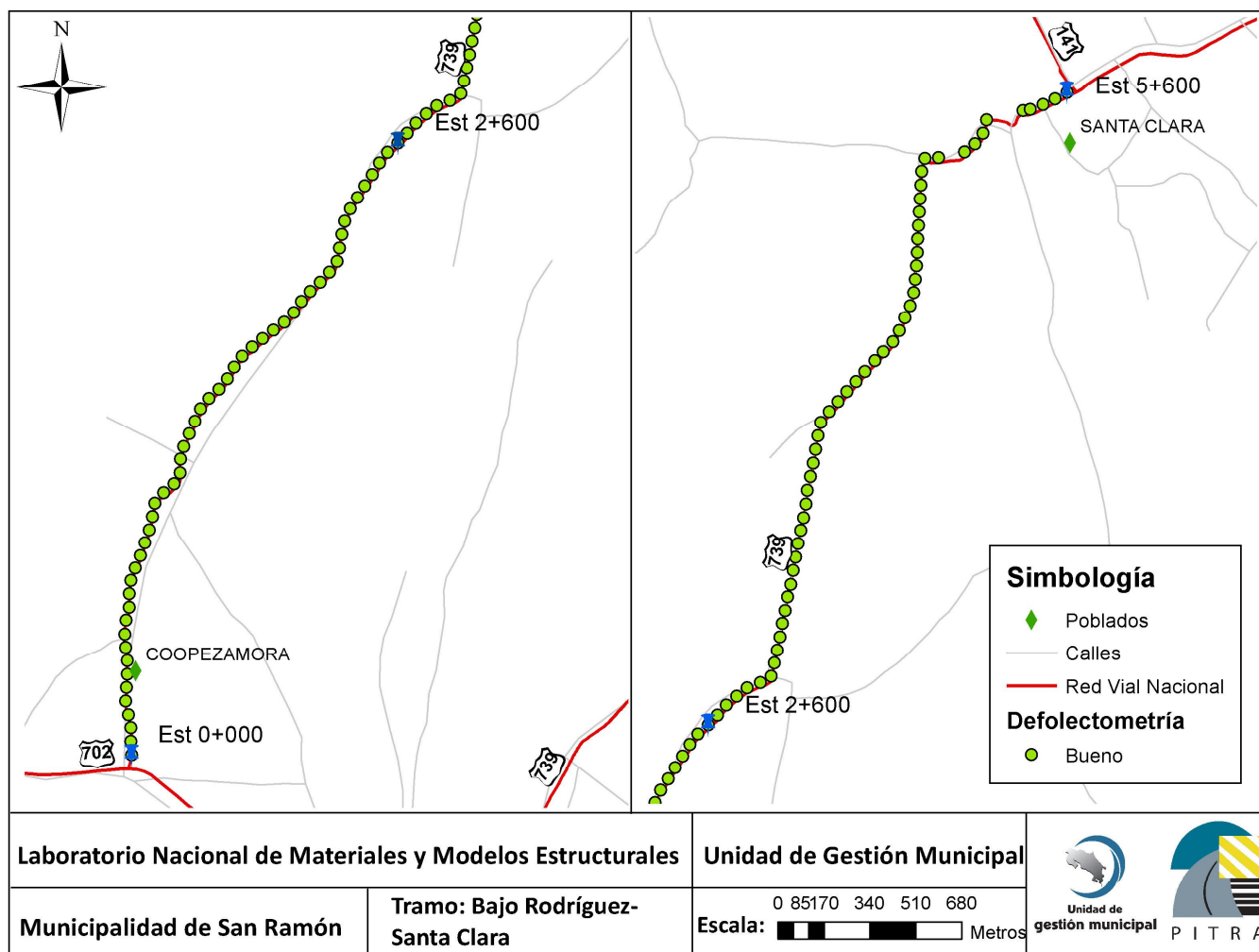


Figura 3. Resultado de la deflectometría en Ruta 2-02-040
Fuente: Lanamme UCR

Una posible causa de los resultados positivos obtenidos en esta prueba es la presencia de espesores considerables de material de base y subbase, así como de materiales de relleno existentes. Evidentemente eso direccionará las propuestas de intervención en mejoramientos a nivel de las capas superiores de la estructura (base y carpeta asfáltica), más que hacia la intervención a nivel de subbase y subrasante.

5.3 SONDEOS

Los sondeos realizados en la ruta 2-02-040 fueron ubicados por medio de los resultados iniciales de la deflectometría ejecutada, donde en un principio se observaban cuatro zonas diferentes. Por medio de los sondeos se logró determinar los espesores de las capas componentes de la estructura de pavimento, se recuperó material de sitio para realizar la caracterización en el laboratorio y, una vez procesada la información, se readecuaron los tramos homogéneos para obtener la configuración final que se verá en el apartado de tramos homogéneos.

Adicionalmente, se llevó a cabo la prueba de medición en sitio del Índice de soporte de California (CBR) de la subrasante, en el cual se obtuvieron resultados variables. En general se obtuvieron valores de CBR bajos (cerca de un valor de 2.3) y otros con capacidades mayores. La figura 4 muestra los puntos de sondeo y resultados de la prueba de CBR en sitio y los resultados de los sondeos se adjuntan como anexo.

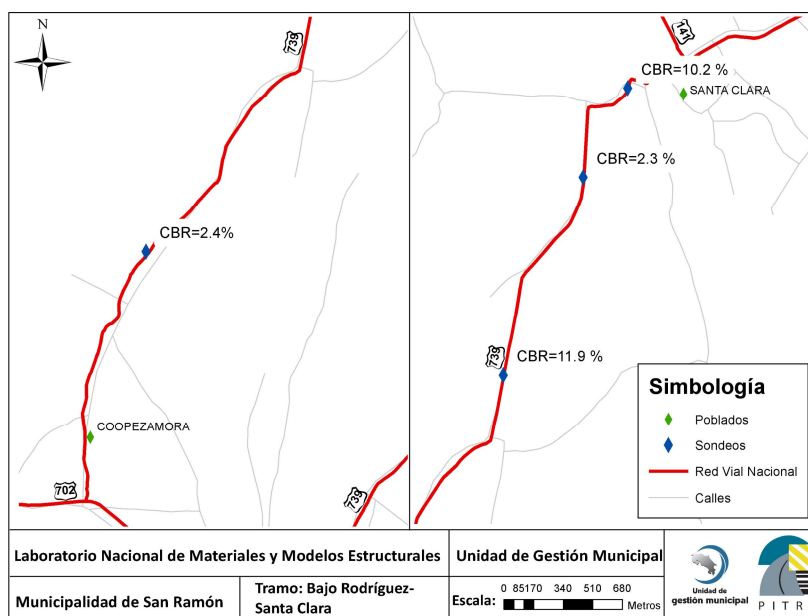


Figura 4. Ubicación de los sondeos realizados y resultados de CBR en subrasante
Fuente: Lanamme UCR

5.4 PRUEBAS DE LABORATORIO

Los materiales muestreados durante la ejecución de los sondeos fueron analizados en el laboratorio de agregados y suelos del LanammeUCR donde se realizaron las pruebas de granulometría, límites de plasticidad y líquido. Los resultados que se muestran en los informes de laboratorio I-0478-13 y I-0554-13 como anexos muestran las granulometrías y límites de Atterberg para los materiales extraídos.

Comparando estos resultados con las especificaciones establecidas en el CR-2010 para los materiales de base y subbase, se obtienen las siguientes caracterizaciones:

- El material del sondeo #1 se puede clasificar como una base de tipo “C” granulometría gruesa donde el valor de índice plástico es ligeramente superior al máximo en tanto que el límite líquido está acorde a los requisitos para esta categoría.
- El material del sondeo #2 muestra una granulometría que carece de material en la malla #40 (fino) para ser calificado como una base tipo “C”. Sin embargo, el principal defecto de este material es carecer de plasticidad (lo cual es lógico en vista de la carencia de material más fino).
- El material del sondeo #3 se puede clasificar como una Subbase de tipo “B” que podría ser transformada en una base “C” si se eliminaran los sobretamaños a la malla de 25 mm. Los límites de plasticidad están acorde a las solicitudes de la norma.
- El material del sondeo #4 presenta una granulometría similar a la de una base tipo “C” con carencia de material en las mallas #40 y #200 (finos). No se indica valor de plasticidad atribuible al igual que el sondeo #2 a la carencia de material fino.

Es importante mencionar que si bien los resultados de laboratorio indican que estos materiales se pueden clasificar ya sea como subbase o base, no se tiene evidencia sobre la compactación real de estos materiales; lo cual evidentemente constituye un factor para obtener un mejor desempeño de la estructura de pavimento. Es posible que las labores de intervención indiquen la necesidad de mejorar estos materiales con cemento (o algún

material estabilizante) y realizar compactaciones para mejorar estas características mecánicas.

5.5 TRAMOS HOMOGÉNEOS

Los tramos homogéneos son secciones de la vía que comparten características similares en cuanto a su condición estructural y funcional. Para el caso de la ruta 2-02-040, el análisis que se realizó fue únicamente a nivel de condición estructural, tal como se mencionó anteriormente. Por lo que la generación de los tramos homogéneos se basó en los resultados de la deflectometría y en los sondeos ejecutados. Los resultados se muestran en la figura 5.

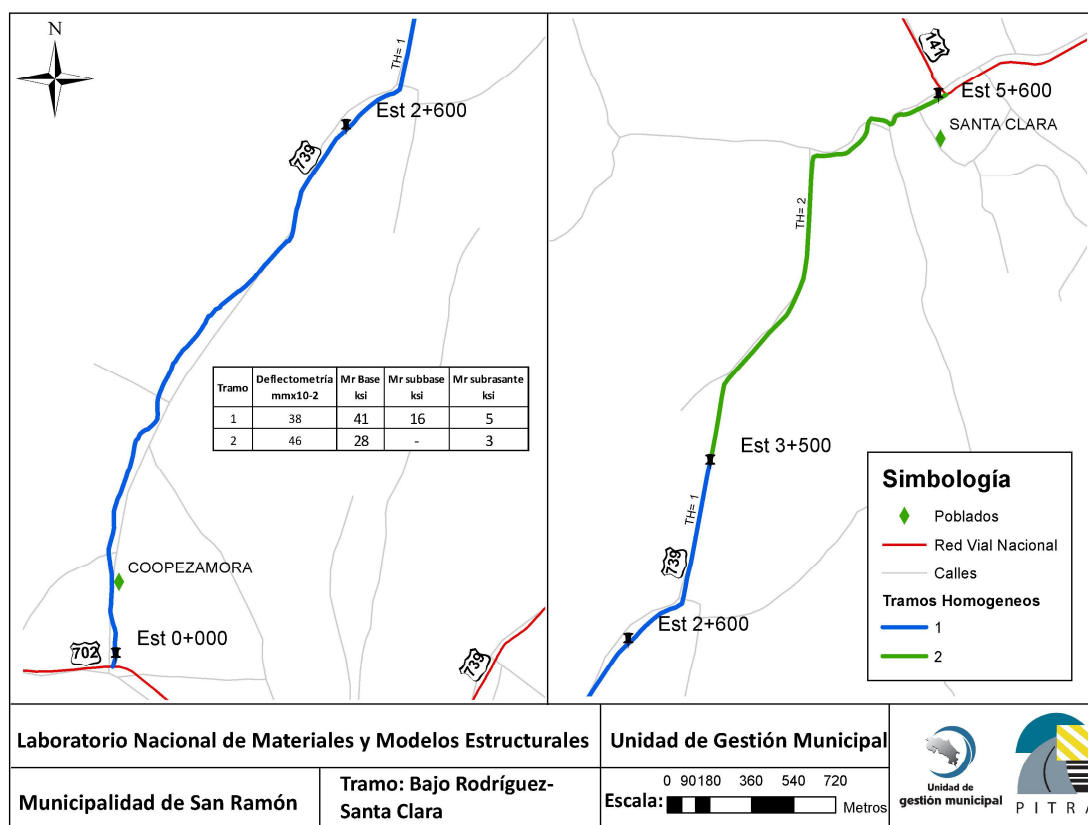


Figura 5. Tramos homogéneos para ruta 2-02-040
Fuente: Lanamme UCR

En la figura anterior, se aprecia que el primer tramo homogéneo establecido se ubica desde la intersección con la ruta 702 hasta la estación 3+500; mostrando este tramo una deflectometría promedio de $38\text{mm}\times 10^{-2}$. En tanto que el segundo tramo homogéneo se estableció desde la estación 3+500 hasta la intersección con la Ruta 141 en Santa Clara, en este tramo la deflectometría promedio fue de $46\text{mm}\times 10^{-2}$. En este segundo tramo, la configuración de los espesores de material (ausencia de subbase) genera que las deflexiones sean mayores y que las intervenciones a realizar sean diferentes a las del primer tramo.

A partir de esta condición, se establece que en la sección de propuestas de intervención se tendrán dos opciones para cada uno de los escenarios planteados. La intención de diferenciar estas condiciones es finalmente que la inversión que se realice sea focalizada de acuerdo a las necesidades reales de la vía.

5.6 MODULOS RESILIENTES

Los módulos resilientes constituyen una característica de los materiales granulares y asfálticos relacionada directamente con la capacidad de deformación que posee un material específico. De esta manera, un valor alto de módulo constituye un material con una capacidad de soporte superior (se deforma menos), dependiendo del tipo de material (clasificación por granulometría y límites) se tienen rangos de resistencia relacionados con los módulos resilientes.

La determinación de estos valores se realiza a partir de los datos suministrados por la prueba de deflectometría al hacer un retrocálculo basado en la deformación de los materiales dada la carga impuesta y a lo largo del tramo medido con los geófonos correspondientes.

Estos valores son muy importantes para las labores de diseño, pues con estos se podrá determinar una solución basada en datos reales y no en suposiciones teóricas. Por lo tanto, estos datos son los que se utilizan para la generación de propuestas de intervención en este informe. Los resultados para cada capa en la ruta 2-02-040 se muestran en las figuras a continuación.

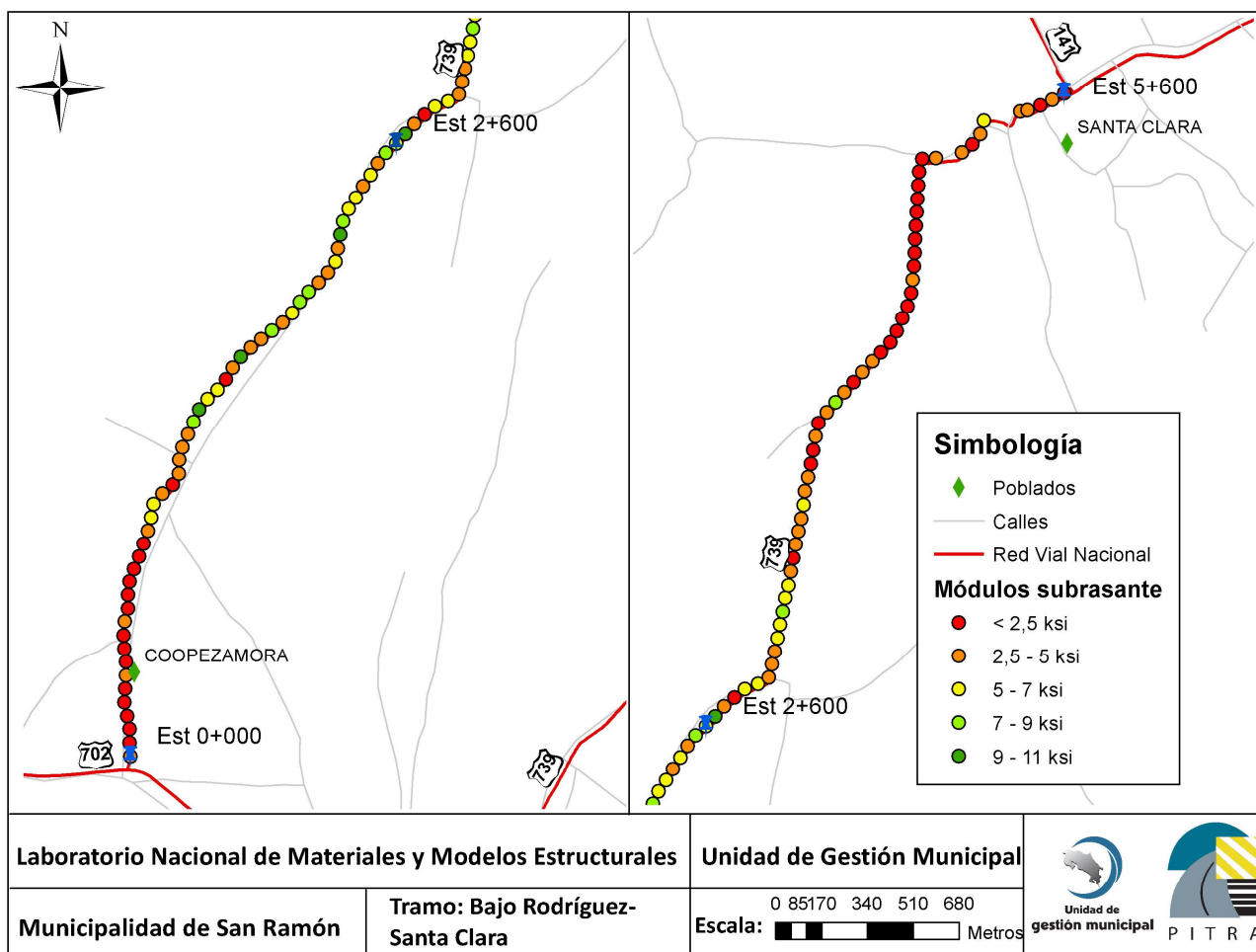


Figura 6. Módulos resilientes en capa de subrasante Ruta 2-02-040
Fuente: Lanamme UCR

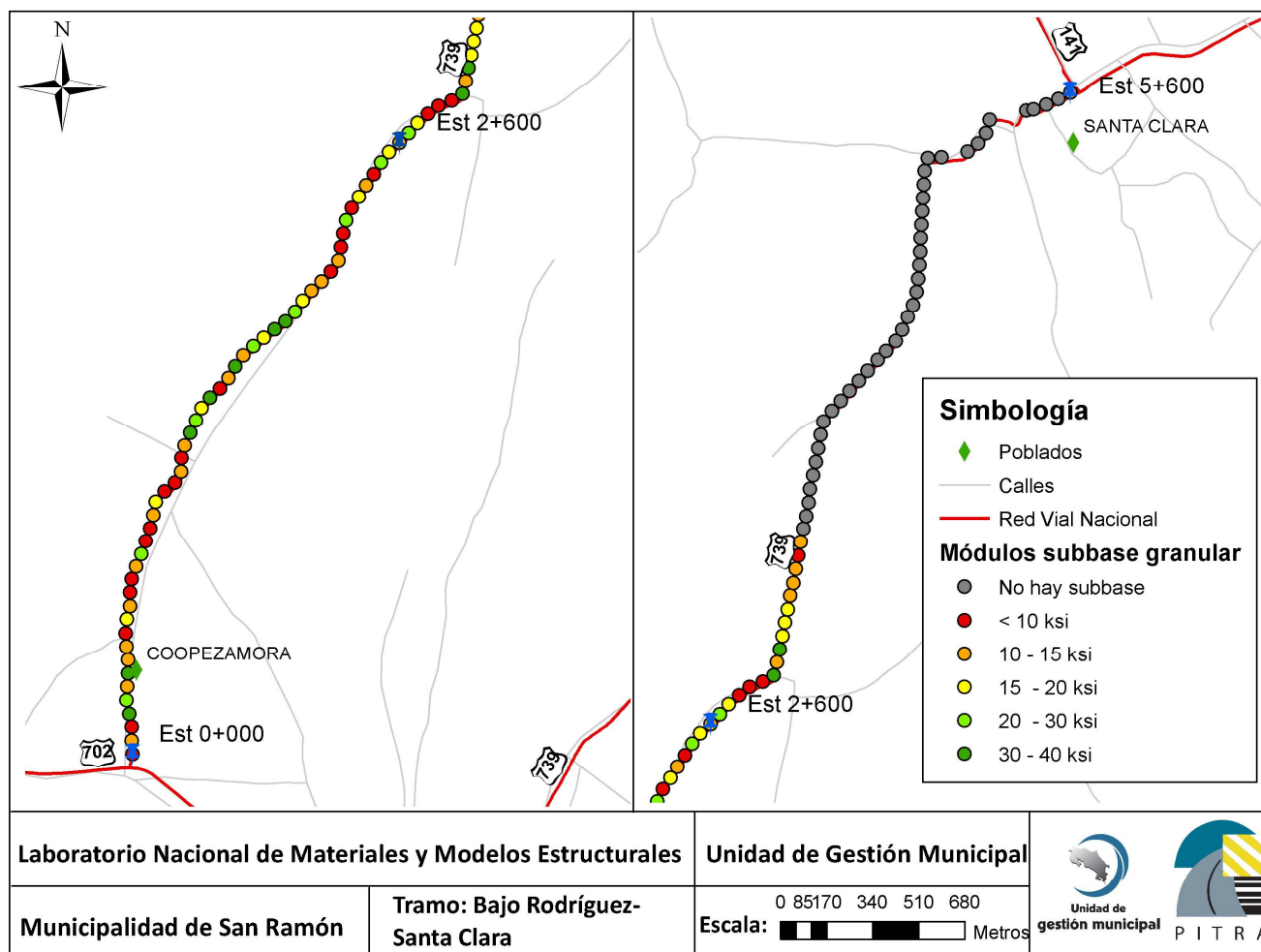


Figura 7. Módulos resilientes en capa de subbase en ruta 2-02-040
Fuente: Lanamme UCR

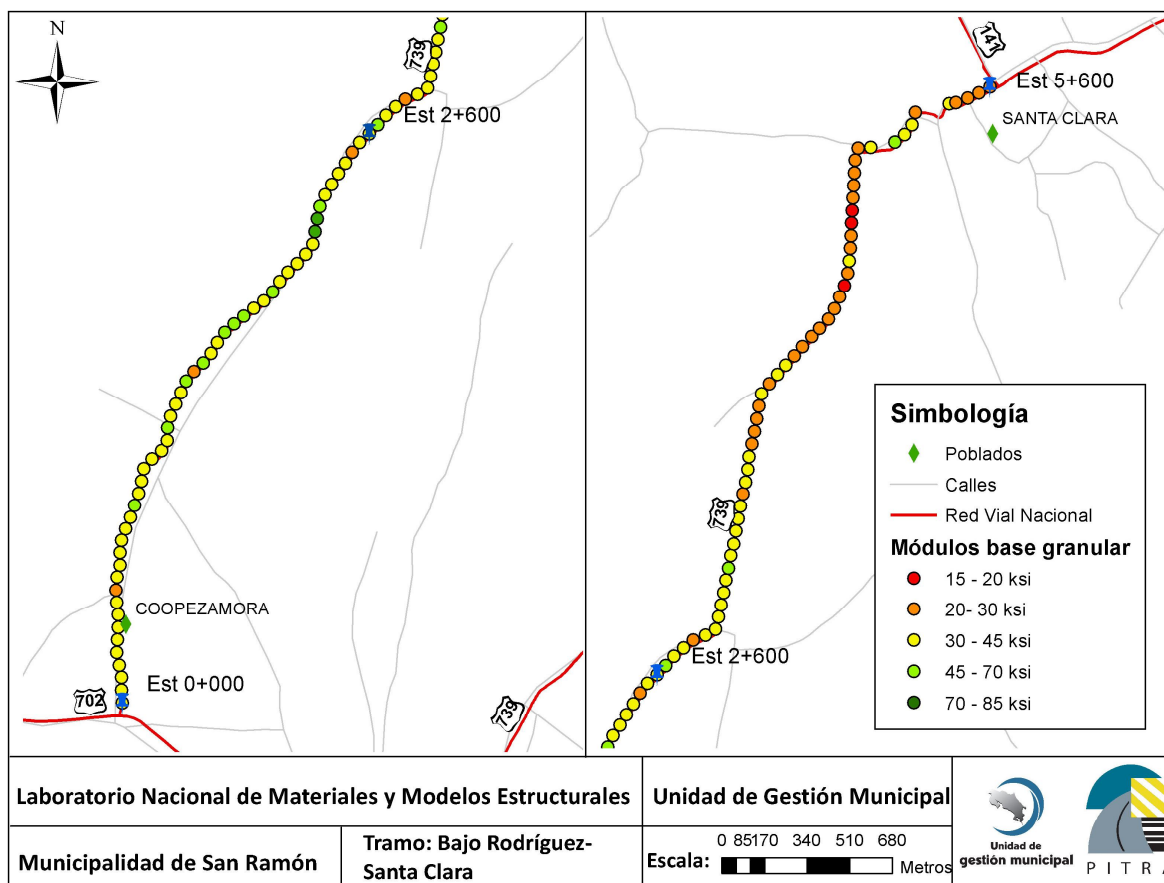


Figura 8. Módulos resilientes en capa de base en ruta 2-02-040
Fuente: Lanamme UCR

De las figuras anteriores se puede inferir que las capacidades de soporte de la subrasante son las que presentan una condición más crítica, pues los valores obtenidos se encuentran en muchos casos por debajo de los 2.5ksi. En cuanto a la subbase se tienen valores variables destacando nuevamente el hecho de que se tiene ausencia de este tipo de material en el tramo 2. Para el caso de la base se tienen valores regulares en un alto porcentaje de la vía. Finalmente se muestran en el anexo los resultados de las de cada punto analizado en el tramo.

5.7 PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

Para la determinación de las posibles intervenciones a realizar se plantean dos escenarios diferentes de periodos de diseño (10 y 20 años). Para el caso de las estructuras de pavimento se consideran dos condiciones: con la colocación de una base granular estabilizada con cemento (BE-25) y con la colocación de material granular reconfirmando una parte del material de base existente in situ. Por lo tanto, se presentan cuatro opciones de paquete estructural diferentes.

Se considera oportuno hacer hincapié en que la decisión de intervención es responsabilidad de la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de San Ramón en su papel de administrador de la Red Vial Cantonal y por ende de esta ruta; por lo que estos resultados aquí planteados constituyen una recomendación (prediseño) y no un diseño definitivo o un plano constructivo.

También es importante mencionar que el éxito de la ejecución de un proyecto de este tipo depende en gran medida del manejo de las aguas superficiales por medio de cunetas, alcantarillas y otros dispositivos de manejo pluvial. En el caso de esta ruta se observaron múltiples puntos donde se carece totalmente de este tipo de estructuras, por lo que se considera que cualquier intervención a nivel de estructura de pavimento debería estar acompañada por obras de construcción de obras de drenaje pluvial, y así lograr obtener la vida útil proyectada.

Para la determinación de las alternativas de intervención se utiliza la metodología AASHTO93; los cálculos que llevan a estas configuraciones de muestran como anexo. Como parte de estas labores se considera la presencia de los materiales existentes buscando aprovechar los mismos y así reducir los costos asociados a estas labores (estos materiales deben ser compactados según dicte las especificaciones que se establezcan en el proyecto). Los resultados con las dimensiones se muestran a continuación.

OPCION	TRAMO 1 (cm)			OBSERVACIONES
	Carpeta Asfáltica (nueva)	Base granular (existente)	Subbase Granular (existente)	
1	10	30	40	-La capa granular existente tiene un espesor promedio de 70cm y está compuesta por Base Granular = 30cm y Subbase Granular = 40cm -Se propone eliminar la Carpeta asfáltica y aportar una nueva de 10cm.
2	Carpeta Asfáltica (nueva)	Base Estabilizada tipo BE-25 (nueva con material granular de BG existente)	Subbase Granular (existente)	-La capa granular existente tiene un espesor promedio de 70cm y está compuesta por Base Granular = 30cm y Subbase Granular=40cm
	8	20	50	-Se propone estabilizar con cemento 20cm de la Base Granular existente y considerar 50cm como si fueran Subbase Granular existente

Tabla 3. Propuesta de intervención Tramo 1 Ruta 2-02-040

Fuente: Lanamme UCR

OPCION	TRAMO 2 (cm)			OBSERVACIONES
	Carpeta Asfáltica (nueva)	Base Estabilizada tipo BE-25 (nueva)	Subbase Granular (existente)	
1	13	15	59	- La capa granular existente tiene un Modulo Resiliente promedio de 28261psi lo que corresponde con una Base Granular y se tiene un espesor promedio de 59cm. - El espesor de Carpeta Asfáltica y Base Granular nuevo debería colocarse sobre el espesor existente (se debe verificar en sitio si es posible subir 28cm en el nivel de rasante) - Sería necesario aportar un espesor de 15 cm de Carpeta Asfáltica para colocar sobre Base Granular existente, sin realizar otra intervención o agregar material en otra capa.
2	10	20	59	- El espesor de Carpeta Asfáltica y Base Estabilizada tipo BE-25 nuevo debería colocarse sobre el espesor existente (se debe verificar en sitio si es posible subir 30cm en el nivel de rasante).

Tabla 4. Propuesta de intervención Tramo 2 Ruta 2-02-040
Fuente: Lanamme UCR

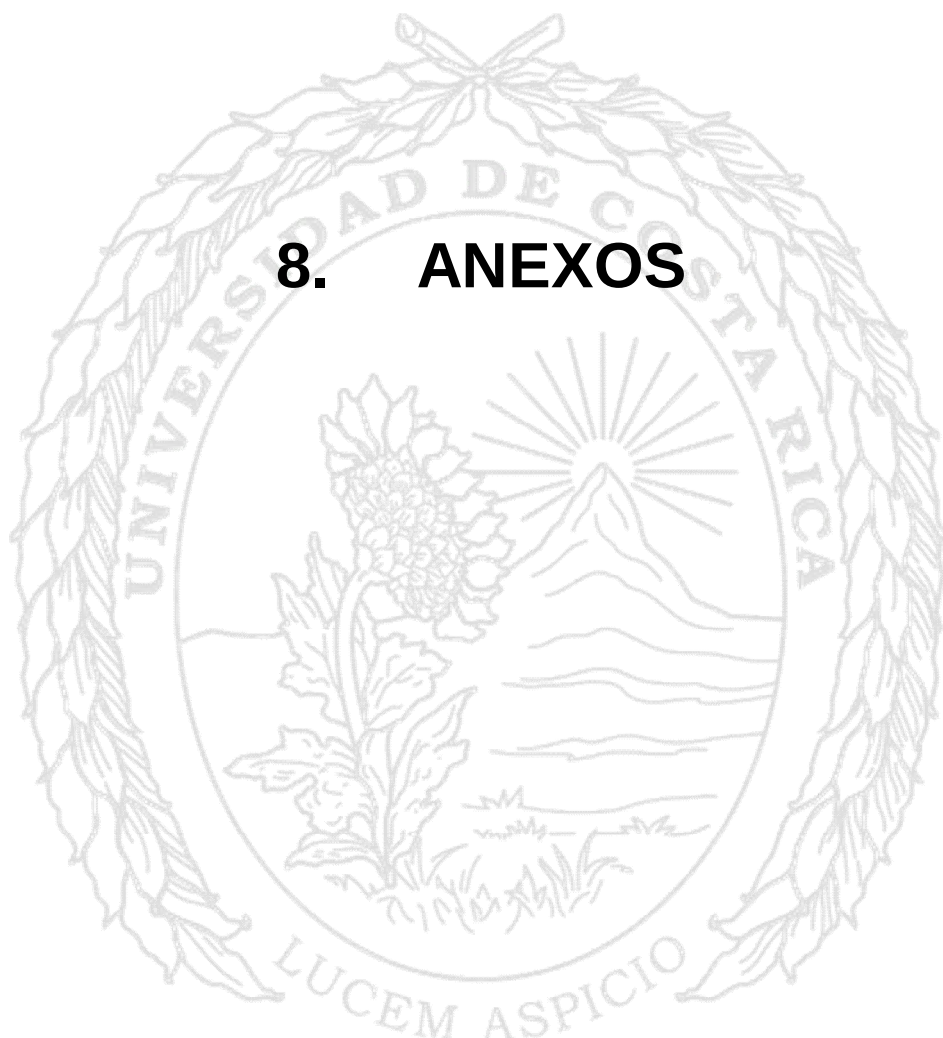
6. CONCLUSIONES

- Por medio de los ensayos en sitio y en laboratorio se logró realizar un diagnóstico de las condiciones actuales en la ruta 2-02-040 y se realizaron propuestas de intervención para las condiciones de tránsito esperables en dos periodos de tiempo distinto.
- Las soluciones propuestas constituyen criterios mínimos que se deberían respetar al momento de generar los diseños finales y se ajustan a las condiciones observadas, volúmenes de tránsito, cargas vehiculares y características de los materiales de la estructura de pavimento existentes de acuerdo a los resultados de los ensayos de campo y laboratorio realizados. La decisión final sobre la intervención a ejecutar será en todo caso responsabilidad de la Municipalidad de San Ramón.
- La heterogeneidad de la ruta obliga a la aplicación de diferentes alternativas de intervención, por lo que se recomienda a la Municipalidad de San Ramón evaluar la aplicación de las alternativas que correspondan en cada caso (cada tramo homogéneo) en lugar de utilizar una única configuración para la totalidad del proyecto.

7. RECOMENDACIONES

- Las obras de intervención de las vías requieren ir acompañadas de obras de manejo de aguas pluviales, con esto lo que se busca es reducir los efectos negativos del agua en la estructura de pavimento; en caso de intervenir únicamente la estructura de pavimento se correría el riesgo de que los trabajos se vean afectados por lluvia y reduzcan así la vida útil de forma considerable.
- Cualquier intervención que se decida hacer, en apego a las buenas prácticas, requiere contar con la aplicación de los criterios mínimos establecidos en el CR-2010 en materia de construcción de caminos. Además, será necesaria la implementación de especificaciones especiales para el proyecto.

8. ANEXOS





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

No. de informe: I-0478-13



Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

Informe Parcial

ST-0481 -13

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal
Proyecto: Bajo Rodríguez, San Ramón, Alajuela.
Domicilio: San Pedro, Montes de Oca.

2. Método de ensayo:

IT-CA-01 (ASTM C 702) (*)
Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.
IT-CA-02 (ASTM C 136) (*)
Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.
IT-CA-03 (ASTM C 117) (*)
Método para determinar el material más fino que 0,075 mm por lavado en malla de 0,075 mm (No. 200).

(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

3. Información de la(s) muestra(s) o espécimen(es) de ensayo:

No. de identificación:	Descripción:
0956-13	Material de base. Saco identificado como Sondeo #1. Material color gris con partículas cafés. No evidencia contaminación.
0958-13	Material de base. Saco identificado como Sondeo #2. Material color gris, no evidencia contaminación.
0960-13	Material de base. Saco identificado como Sondeo #3. Material color gris, no evidencia contaminación.

500 metros al norte de Supermercado Muñoz y Naranjo, Finca #2, Universidad de Costa Rica
Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Tel (506) 2511-5423, Fax (506) 2511-4440
e-mail: direccion.lanamme@ucr.ac.cr





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0478-13

962-13

Material de base. Saco identificado como Sonden #4.
Material color gris, no evidencia contaminación.

Aportadas por:

Ing. Andrey Chavarria.

Fecha de recepción :

2013/05/06

Fecha de realización del ensayo:

2013/05/15-2013/05/24

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo:

2013/04/29

Procedimiento de muestreo:

Realizado por personal del Laboratorio de Gestión Municipal del LanammeUCR, de acuerdo al procedimiento ASTM D 75.

Condiciones ambientales:

No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

No. de informe: I-0478-13

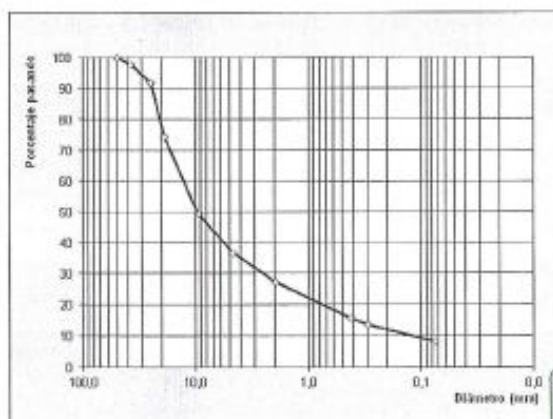


5. Resultados:

Tabla 1. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0956-13.

MASA INICIAL:		21787 g	MASA FINAL:		19585 g
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. A.C.	%PAS.
2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100
2"	50,0	425	1,96	1,96	98,0
1 1/2"	37,5	1018	4,67	5,62	93,4
1"	25,0	2624	12,0	18,7	81,3
3/4"	19,0	2411	11,1	29,7	70,3
3/8"	9,50	3284	15,1	44,8	55,2
Nº 4	4,75	1998	9,17	54,0	46,0
Nº 10	2,00	2057	9,49	63,5	36,5
Nº 40	0,43	3234	14,8	78,3	21,7
Nº 50	0,30	728	3,34	81,6	18,4
Nº 200	0,08	1769	8,12	89,8	10,2
		LAVADO MALLA # 200:			24,0

Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 0956-13.

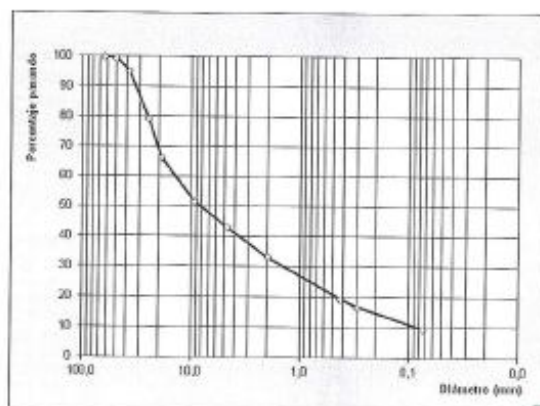


No. de informe: I-0478-13

Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0958-13.

MASA INICIAL:		26486 g	MASA FINAL:		23996 g
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. A.C.	%PAS.
2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100
2"	50,0	191	0,72	0,72	99,3
1 1/2"	37,5	1076	4,06	4,78	95,2
1"	25,0	4236	16,0	20,8	79,2
3/4"	19,0	3438	13,0	33,8	66,2
3/8"	9,50	3878	14,6	48,4	51,6
N° 4	4,75	2272	8,58	57,0	43,0
N° 10	2,00	2657	10,0	67,0	33,0
N° 40	0,43	3634	13,7	80,7	19,3
N° 50	0,30	708	2,67	83,4	16,6
N°200	0,08	1857	7,01	80,4	9,59
LAVADO MALLA # 200					23,9

Gráfico 2: Curva granulométrica: muestra 0958-13.





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

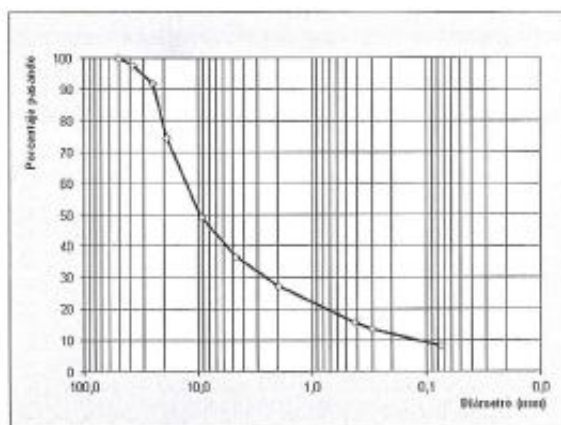


No. de informe: I-0478-13

Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0960-13.

MASA INICIAL:		17446 g	MASA FINAL:		16024 g
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	% RET. A.C.	% PAS.
2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100
1 1/2"	37,5	391	2,24	2,24	97,8
1"	25,0	1035	5,93	6,2	91,8
3/4"	18,0	3014	17,3	25,4	74,6
3/8"	9,50	4385	25,1	50,6	49,4
Nº 4	4,75	2225	12,75	63,3	36,7
Nº 10	2,00	1642	9,41	72,7	27,3
Nº 40	0,43	2022	11,6	84,3	15,7
Nº 50	0,30	360	2,07	86,4	13,6
Nº 200	0,08	924	5,30	91,7	8,30
LAVADO MALLA # 200					23,2

Gráfico 3: Curva granulométrica: muestra 0960-13.

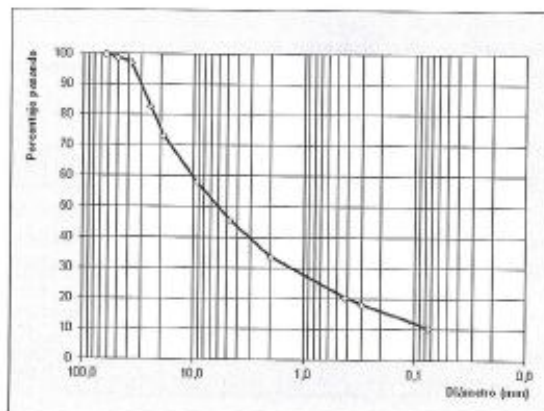


No. de informe: I-0478-13

Tabla 4. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0962-13.

MASA INICIAL: 22852 g		MASA FINAL: 20481 g			
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100
2"	50,0	300	1,31	1,31	98,7
1 1/2"	37,5	315	1,38	2,69	97,3
1"	25,0	3278	14,3	17,0	83,0
3/4"	19,0	2248	9,84	26,9	73,1
3/8"	9,50	3432	15,0	41,9	58,1
N° 4	4,75	2789	12,2	54,1	45,9
N° 10	2,00	2753	12,0	66,1	33,9
N° 40	0,43	3040	13,3	79,4	20,6
N° 50	0,30	563	2,48	81,8	18,1
N° 200	0,08	1722	7,53	89,4	10,6
		LAVADO MALLA # 200			25,0

Gráfico 4: Curva granulométrica: muestra 0962-13.





Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

No. de informe: I-0478-13

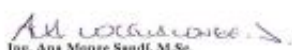


Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº LE-018
Acreditado a partir de: 11.11.2002
Alcance disponible en www.eca.or.cr

Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:


Ing. Ana Monge Sandi, M.Sc.
Coordinadora de Laboratorios
de Infraestructura Civil

Aprobó:


Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR


Página 7 de 7



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

No. de informe: I-0554-13



Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR, Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

Informe Final

ST- 0481 -13

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal
Proyecto: Bajo Rodríguez, San Ramón, Alajuela.
Domicilio: San Pedro, Montes de Oca.

2. Método de ensayo:

IT-GC-05 (ASTM D 4318) (*)
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.
(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

3. Información de la(s) muestra(s) o espécimen(es) de ensayo:

No. de identificación:	Descripción:
0956-13	Material de base. Saco identificado como Sondeo #1. Material color gris con partículas cafés. No evidencia contaminación.
0958-13	Material de base. Saco identificado como Sondeo #2. Material color gris, no evidencia contaminación.
0960-13	Material de base. Saco identificado como Sondeo #3. Material color gris, no evidencia contaminación.
962-13	Material de base. Saco identificado como Sondeo #4. Material color gris, no evidencia contaminación.

Aportadas por: Ing. Andrey Chavarría.

Fecha de recepción: 2013/05/06

Fecha de realización del ensayo: 2013/05/15-2013/06/04



500 metros al norte de Supermercado Muñoz y Nanne, Finca 42, Universidad de Costa Rica
Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Tel (506) 2511-5423, Fax (506) 2511-4440
e-mail: direccion.lanamme@ucr.ac.cr



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

No. de informe: I-0554-13



4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo: 2013/04/29

Procedimiento de muestreo:

Realizado por personal de la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR, de acuerdo al procedimiento ASTM D 75.

Condiciones ambientales: No aplica.

5. Resultados:

Tabla 1. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLASTICIDAD
956-13	22.3	17.8	4.5
958-13	NP	NP	NP
960-13	17.3	14.6	2.6
962-13	NP	NP	NP

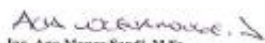
Nota:

- NP: El suelo es no plástico.
- Las muestras fueron acondicionadas por el método de preparación seco.
- Procedimiento por el cual fue determinado el límite líquido, es por el método A_u método multipunto.

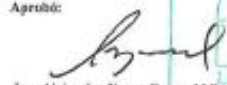
Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:


Ing. Ana Menge Sanfeli, M.Sc.
Coordinadora de Laboratorios
de Infraestructura Civil

Aprobó:


Ing. Alejandro Novas Cuervo, M.Sc.
Director LanammeUCR



Página 2 de 2

SONDEOS A CIELO ABIERTO							
1. UBICACIÓN				2. IDENTIFICACION DEL CAMINO			
PROVINCIA	Alajuela			RUTA	Cantonal		
CANTON	San Ramon			DE:	Bajo Rodriguez		
DISTRITO	Bajo Rodriguez			A:	Santa Clara		
3. SONDEOS							
SONDEO No	1			SONDEO No	2		
CODIGO DEL CAMINO				CODIGO DEL CAMINO			
ESTACIONAMIENTO	1+450			ESTACIONAMIENTO	3+400		
ANCHO PROM DV (m):	11.50			ANCHO PROM DV (m):	11.50		
ANCHO PROM SR (m):	6.00			ANCHO PROM SR (m):	6.00		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	10	19	40.7	N	10	20	26.9
W	84	32	01.8	W	84	31	30.5
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				ESTRUCTURA DE PAVIMENTO			
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)	
No. 1	C.A	6.0		No. 1	TSB	3.0	
No. 2	S.B	30.0		No. 2	B	44.0	
No. 3	B	40.0		No. 3	SB	25.0	
No. 4				No. 4			
SUELO		76.0		SUELO		72.0	
CAPAS	DESCRIPCIÓN			CAPAS	DESCRIPCIÓN		
No. 1				No. 1			
No. 2				No. 2			
No. 3				No. 3			
No. 4				No. 4			
SUELO				SUELO			
CBR EN SITIO (ANILLO DE CARGA MANUAL)				CBR EN SITIO (ANILLO DE CARGA MANUAL)			
CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES				CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES			
VALORES DE CI				VALORES DE CI			
1	1150	11		1	1490	11	
2	1280	12		2	1180	12	
3	1160	13		3	1030	13	
4	1080	14		4	1190	14	
5	990	15		5	1320	15	
6	910	16		6	990	16	
7	1160	17		7	1140	17	
8	1080	18		8	1120	18	
9	1060	19		9	1150	19	
10	1150	20		10	1190	20	
FECHA	29/04/2013			APUNTADOR	Josue Quesada		

SONDEOS A CIELO ABIERTO							
1. UBICACIÓN				2. IDENTIFICACION DEL CAMINO			
PROVINCIA	Alajuela			RUTA	Cantonal		
CANTON	San Ramon			DE:	Bajo Rodriguez		
DISTRITO	Bajo Rodriguez			A:	Santa Clara		
3. SONDEOS							
SONDEO No	3			SONDEO No	4		
CODIGO DEL CAMINO				CODIGO DEL CAMINO			
ESTACIONAMIENTO	4+500			ESTACIONAMIENTO	5+200		
ANCHO PROM DV (m):	11.50			ANCHO PROM DV (m):	11.50		
ANCHO PROM SR (m):	6.00			ANCHO PROM SR (m):	6.00		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	10	21	03.8	N	10	21	20.5
W	84	31	15.5	W	84	31	07.1
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				ESTRUCTURA DE PAVIMENTO			
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)	
No. 1	C.A	2.5		No. 1	CA	2.5	
No. 2	B	53.0		No. 2	B	65.0	
No. 3				No. 3			
No. 4				No. 4			
SUELO		55.5		SUELO		67.5	
CAPAS	DESCRIPCIÓN			CAPAS	DESCRIPCIÓN		
No. 1				No. 1			
No. 2				No. 2			
No. 3				No. 3			
No. 4				No. 4			
SUELO				SUELO			
CBR EN SITIO (ANILLO DE CARGA MANUAL)				CBR EN SITIO (ANILLO DE CARGA MANUAL)			
CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES				CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES			
VALORES DE CI				VALORES DE CI			
1	1120	11		1	340	11	
2	1010	12		2	860	12	
3	960	13		3	1020	13	
4	1020	14		4	980	14	
5	1130	15		5	820	15	
6	820	16		6	870	16	
7	1150	17		7	960	17	
8	980	18		8	920	18	
9	960	19		9	860	19	
10	1070	20		10	1040	20	
FECHA	29/04/2013			APUNTADOR	Josue Quesada		



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

TRAMO HOMOGENEO	ESTACIONAMIENTO	LATITUD	LONGITUD	LECTURA FWD	CLASIFICACIÓN FWD	MODULO RESILIENTE BASE (Mpa)	MODULO RESILIENTE SUBBASE (Mpa)	MODULO RESILIENTE SUBRASANTE (Mpa)	MODULO RESILIENTE BASE (Psi)	MODULO RESILIENTE SUBBASE (Psi)	MODULO RESILIENTE SUBRASANTE (Psi)
	0+000	10.31553	-84.53687	54.56	Bueno	251.10	64.48	26.60	35195.00	9038.00	3728.00
	0+050	10.31558	-84.53690	46.62	Bueno	227.54	78.12	17.15	33993.00	10950.00	2404.00
	0+100	10.31643	-84.53689	54.08	Bueno	240.56	23.56	8.05	33718.00	3302.00	1128.00
	0+150	10.31687	-84.53698	38.50	Bueno	255.44	238.08	11.20	35803.00	33370.00	1570.00
	0+200	10.31732	-84.53707	36.48	Bueno	285.82	193.44	15.40	40061.00	27113.00	2159.00
	0+250	10.31777	-84.53705	36.24	Bueno	316.82	96.72	14.70	44406.00	13557.00	2060.00
	0+300	10.31822	-84.53702	42.93	Bueno	221.34	240.56	27.30	31024.00	33718.00	3826.00
	0+350	10.31867	-84.53702	40.78	Bueno	266.60	105.40	15.05	37367.00	14773.00	2109.00
	0+400	10.31912	-84.53707	44.03	Bueno	241.19	102.92	15.05	33805.00	14426.00	2109.00
	0+450	10.31956	-84.53711	54.02	Bueno	211.42	11.42	13.65	29831.00	7995.00	1913.00
	0+500	10.32002	-84.53707	34.55	Bueno	301.32	117.18	34.65	42234.00	16424.00	4857.00
	0+550	10.32046	-84.53695	40.06	Bueno	281.48	79.98	12.25	39453.00	11210.00	1717.00
	0+600	10.32091	-84.53695	45.70	Bueno	261.64	51.46	9.80	36672.00	7213.00	1374.00
	0+650	10.32135	-84.53690	43.14	Bueno	265.36	63.86	13.65	37194.00	8951.00	1913.00
	0+700	10.32177	-84.53675	36.44	Bueno	314.96	94.24	14.70	44146.00	13209.00	2060.00
	0+750	10.32219	-84.53658	45.20	Bueno	222.58	158.72	12.95	33198.00	22247.00	1815.00
	0+800	10.32262	-84.53683	38.13	Bueno	369.52	27.60	11.55	43793.00	3911.00	1619.00
	0+850	10.32304	-84.53628	37.82	Bueno	308.14	62.24	19.95	43190.00	8884.00	2796.00
	0+900	10.32348	-84.53618	35.72	Bueno	300.08	81.84	38.15	42060.00	11471.00	5347.00
	0+950	10.32393	-84.53609	39.57	Bueno	248.62	115.32	41.65	34847.00	16164.00	5838.00
	1+000	10.32428	-84.53580	39.39	Bueno	293.26	52.08	22.75	41104.00	7300.00	3189.00
	1+050	10.32457	-84.53545	42.14	Bueno	277.76	67.58	15.40	38922.00	9472.00	2159.00
	1+100	10.32494	-84.53524	36.98	Bueno	289.54	72.54	35.35	40583.00	10167.00	4955.00
	1+150	10.32519	-84.53523	34.98	Bueno	331.92	48.36	18.90	49773.00	6799.00	3449.00
	1+200	10.32581	-84.53513	45.54	Bueno	228.92	96.10	25.90	31808.00	13470.00	3630.00
	1+250	10.32623	-84.53493	44.18	Bueno	220.10	250.48	23.80	30850.00	35108.00	3336.00
	1+300	10.32665	-84.53475	31.75	Bueno	304.42	176.70	53.55	42668.00	24767.00	7506.00
	1+350	10.32706	-84.53456	22.89	Bueno	453.84	112.22	72.45	63612.00	15729.00	10155.00
	1+400	10.32741	-84.53428	44.47	Bueno	208.32	228.16	37.10	29199.00	31980.00	5200.00
	1+450	10.32772	-84.53394	34.77	Bueno	328.60	45.26	44.80	46058.00	6344.00	6279.00
	1+500	10.32807	-84.53385	48.18	Bueno	241.18	154.78	15.40	33805.00	14686.00	2159.00
	1+550	10.32846	-84.53342	38.73	Bueno	239.94	272.80	24.50	33631.00	38236.00	3434.00
	1+600	10.32882	-84.53315	22.80	Bueno	496.00	85.56	64.75	69521.00	11992.00	9076.00
	1+650	10.32913	-84.53282	21.81	Bueno	489.80	207.08	31.15	68652.00	29025.00	4366.00
	1+700	10.32942	-84.53246	32.29	Bueno	334.80	127.72	25.90	46927.00	17902.00	3630.00
	1+750	10.32970	-84.53210	29.72	Bueno	312.48	233.12	58.45	43798.00	32675.00	8193.00
	1+800	10.32997	-84.53174	34.05	Bueno	277.14	279.62	29.05	38845.00	39192.00	4072.00
	1+850	10.33019	-84.53141	38.01	Bueno	349.06	172.36	46.90	48925.00	24159.00	6574.00
	1+900	10.33066	-84.53115	34.81	Bueno	288.30	133.30	54.95	40409.00	18684.00	7702.00
	1+950	10.33100	-84.53086	35.71	Bueno	274.66	84.54	61.60	38497.00	11905.00	8634.00
	2+000	10.33130	-84.53052	37.77	Bueno	274.66	85.56	28.35	38497.00	11992.00	3974.00
	2+050	10.33164	-84.53021	37.61	Bueno	308.76	63.86	21.35	43277.00	8951.00	2992.00
	2+101	10.33201	-84.52995	35.17	Bueno	283.96	93.00	49.70	39801.00	13035.00	6966.00
	2+150	10.33245	-84.52987	21.23	Bueno	597.68	48.98	32.55	83773.00	6865.00	4562.00
	2+200	10.33290	-84.52979	19.99	Bueno	601.40	68.82	70.00	84294.00	5646.00	5811.00
	2+250	10.33335	-84.52970	24.08	Bueno	432.14	146.32	59.85	60570.00	20509.00	8389.00
	2+300	10.33379	-84.52951	33.37	Bueno	318.08	62.42	49.70	44580.00	8777.00	6986.00
	2+350	10.33414	-84.52926	34.16	Bueno	292.02	128.34	45.15	40930.00	17889.00	6328.00
	2+400	10.33452	-84.52902	44.34	Bueno	230.64	97.34	19.25	32327.00	13643.00	2698.00
	2+450	10.33490	-84.52877	35.89	Bueno	308.76	51.46	45.50	43277.00	7213.00	6377.00
	2+500	10.33529	-84.52853	44.02	Bueno	208.94	192.20	33.60	29288.00	26939.00	4709.00
	2+550	10.33564	-84.52825	37.08	Bueno	252.96	122.14	61.95	35456.00	17120.00	6683.00
	2+600	10.33595	-84.52790	35.92	Bueno	280.86	93.00	47.60	39366.00	13035.00	6672.00
	2+650	10.33627	-84.52759	29.54	Bueno	334.80	153.76	77.70	46927.00	21551.00	10891.00
	2+700	10.33661	-84.52730	35.73	Bueno	288.92	115.32	34.30	40496.00	16164.00	4808.00
	2+750	10.33691	-84.52694	41.06	Bueno	305.66	30.38	16.45	42842.00	4258.00	2306.00
	2+800	10.33718	-84.52659	45.01	Bueno	213.28	57.04	41.65	29894.00	7995.00	5838.00
	2+850	10.33746	-84.52615	37.93	Bueno	267.22	46.50	38.15	37454.00	6518.00	5347.00
	2+900	10.33788	-84.52578	41.31	Bueno	223.82	238.30	33.25	31371.00	40409.00	4660.00
	2+950	10.33802	-84.52567	46.58	Bueno	214.52	82.46	31.15	30068.00	11558.00	4366.00
	3+000	10.33845	-84.52558	38.31	Bueno	249.24	269.70	26.95	34934.00	37802.00	3777.00
	3+050	10.33889	-84.52549	34.96	Bueno	285.82	107.88	48.65	40061.00	15121.00	6819.00
	3+100	10.33934	-84.52541	35.08	Bueno	286.44	112.84	43.75	40148.00	15816.00	6132.00
	3+150	10.33978	-84.52531	31.47	Bueno	415.40	138.26	51.80	58224.00	19379.00	7260.00
	3+200	10.34023	-84.52524	41.71	Bueno	281.48	88.04	38.50	39453.00	12340.00	5396.00
	3+250	10.34065	-84.52513	41.66	Bueno	300.08	89.36	40.60	42060.00	12601.00	5691.00
	3+300	10.34112	-84.52505	32.83	Bueno	318.82	79.98	33.25	44406.00	11210.00	4660.00
	3+350	10.34156	-84.52496	45.16	Bueno	233.74	53.32	12.25	32762.00	7473.00	1717.00
	3+400	10.34201	-84.52489	33.18	Bueno	285.20	94.86	27.30	39975.00	13296.00	3826.00
	3+450	10.34245	-84.52479	45.92	Bueno	192.82	0.00	27.65	27026.00	0.00	3876.00
	3+500	10.34287	-84.52470	37.39	Bueno	239.94	0.00	31.85	33631.00	0.00	4464.00

1



TRAMO HOMOGENEO	ESTACIONAMIENTO	LATITUD	LONGITUD	LECTURA FWD	CLASIFICACIÓN FWD	MODULO RESILIENTE BASE (Mpa)	MODULO RESILIENTE SUBBASE (Mpa)	MODULO RESILIENTE SUBRASANTE (Mpa)	MODULO RESILIENTE BASE (Psi)	MODULO RESILIENTE SUBBASE (Psi)	MODULO RESILIENTE SUBRASANTE (Psi)
2	3+550	10.34332	-84.52461	31.95	Bueno	267.84	0.00	37.80	37541.00	0.00	5298.00
	3+600	10.34378	-84.52457	34.30	Bueno	241.18	0.00	19.25	33805.00	0.00	2698.00
	3+650	10.34424	-84.52447	44.09	Bueno	199.64	0.00	21.00	27982.00	0.00	2943.00
	3+700	10.34468	-84.52438	48.86	Bueno	184.14	0.00	16.45	25810.00	0.00	2306.00
	3+750	10.34514	-84.52429	48.62	Bueno	176.08	0.00	14.35	24680.00	0.00	2011.00
	3+800	10.34559	-84.52421	42.21	Bueno	205.22	0.00	18.90	28764.00	0.00	2649.00
	3+850	10.34603	-84.52412	36.70	Bueno	222.58	0.00	11.90	31198.00	0.00	1668.00
	3+900	10.34639	-84.52384	39.05	Bueno	210.18	0.00	22.75	29459.00	0.00	3189.00
	3+950	10.34673	-84.52354	37.92	Bueno	222.58	0.00	51.10	31198.00	0.00	7162.00
	4+000	10.34707	-84.52324	34.29	Bueno	263.50	0.00	32.55	36933.00	0.00	4562.00
	4+050	10.34740	-84.52293	43.13	Bueno	182.28	0.00	16.80	25549.00	0.00	2355.00
	4+100	10.34774	-84.52263	49.81	Bueno	174.84	0.00	22.40	24506.00	0.00	3140.00
	4+155	10.34810	-84.52229	44.85	Bueno	193.44	0.00	24.85	27113.00	0.00	3483.00
	4+200	10.34840	-84.52201	47.42	Bueno	172.98	0.00	16.10	24245.00	0.00	2257.00
	4+250	10.34873	-84.52169	46.66	Bueno	184.14	0.00	17.50	25810.00	0.00	2453.00
	4+300	10.34911	-84.52147	42.30	Bueno	190.34	0.00	15.05	26679.00	0.00	2109.00
	4+350	10.34953	-84.52128	45.93	Bueno	194.68	0.00	11.90	27287.00	0.00	1668.00
	4+400	10.34994	-84.52111	63.50	Bueno	132.68	0.00	10.15	18597.00	0.00	1423.00
	4+450	10.35038	-84.52099	46.49	Bueno	195.30	0.00	16.80	27374.00	0.00	2355.00
	4+500	10.35082	-84.52093	36.15	Bueno	242.42	0.00	20.30	33978.00	0.00	2845.00
	4+550	10.35127	-84.52090	53.11	Bueno	159.96	0.00	11.20	22420.00	0.00	1570.00
	4+600	10.35172	-84.52087	52.84	Bueno	166.78	0.00	12.60	23376.00	0.00	1766.00
	4+650	10.35217	-84.52085	61.71	Bueno	141.36	0.00	10.85	19813.00	0.00	1521.00
	4+700	10.35262	-84.52083	59.45	Bueno	140.74	0.00	9.45	19727.00	0.00	1325.00
	4+750	10.35307	-84.52080	54.34	Bueno	155.00	0.00	10.50	21725.00	0.00	1472.00
	4+800	10.35352	-84.52078	43.23	Bueno	205.84	0.00	16.45	28851.00	0.00	2306.00
	4+850	10.35397	-84.52075	48.88	Bueno	179.18	0.00	12.95	25114.00	0.00	1815.00
	4+900	10.35442	-84.52073	47.19	Bueno	184.14	0.00	14.35	25810.00	0.00	2011.00
	4+950	10.35485	-84.52062	56.53	Bueno	144.46	0.00	11.90	20248.00	0.00	1668.00
	5+000	10.35488	-84.52016	32.88	Bueno	270.94	0.00	24.50	37976.00	0.00	3434.00
	5+100	10.35507	-84.51928	24.27	Bueno	354.64	0.00	24.50	49707.00	0.00	3434.00
	5+150	10.35534	-84.51893	42.00	Bueno	219.48	0.00	17.50	30763.00	0.00	2453.00
	5+200	10.35569	-84.51866	32.60	Bueno	267.84	0.00	20.30	37541.00	0.00	2845.00
	5+250	10.35613	-84.51853	49.33	Bueno	201.50	0.00	38.15	28243.00	0.00	5347.00
	5+422	10.35644	-84.51731	47.08	Bueno	227.54	0.00	20.30	31893.00	0.00	2845.00
	5+450	10.35648	-84.51706	50.69	Bueno	206.46	0.00	19.25	28938.00	0.00	2698.00
	5+500	10.35664	-84.51663	55.50	Bueno	200.88	0.00	15.05	28156.00	0.00	2109.00
	5+550	10.35683	-84.51622	54.62	Bueno	194.06	0.00	18.20	27200.00	0.00	2551.00
	5+600	10.35704	-84.51581	57.22	Bueno	186.62	0.00	16.10	26157.00	0.00	2257.00

ESTIMACIÓN DE ESALS A PARTIR DE TPD

1. ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS VEHICULARES

DATOS GENERALES

Distribución en carril de diseño (DS)	0.8
Periodo de diseño (años)	10
Crecimiento anual	4.78%
Factor de crecimiento	12.4495

AÑO	TPD	LIVIANOS		PESADOS			TOTAL	
		AUTOMOVIL	PICK UP	C2, C2+, BUS C2	C3	T3-S2	LIVIANOS	PESADOS
2013	2763	2345	17	304	90	7	2362	401
F.C.		0.002	0.012	0.881	3.773	3.861	85%	15%
ESAL DIARIO	639.315	4.69	0.204	267.824	339.57	27.027	4.894	634.421
% ESAL	100%	1%	0%	42%	53%	4%	1%	99%
ESAL*DS	511	4	0	214	272	22	4	508
ESAL ANUAL	186.679.98	1.369.48	59.57	78.204.61	99.154.44	7.891.88	1.429.05	185.250.93
ESAL (PD años)	2.324.069.69	17.049.32	741.59	973.607.13	1.234.421.76	98.249.90	17.790.91	2.306.278.78

2. ESTIMACIÓN DEL SN REQUERIDO

DATOS GENERALES

ESAL Diseño	2.324.069.69
Nivel de Confianza (ZR)	80%
Desviación Estandar (So)	0.5
Serviciabilidad Inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad Terminal (Pt)	2.5
Cambio en el nivel de servicio (ΔPSI)	1.7
MR de la subrasante (psi)	4651

ECUACION AASHTO 1993 SN REQUERIDO



SN REQUERIDO

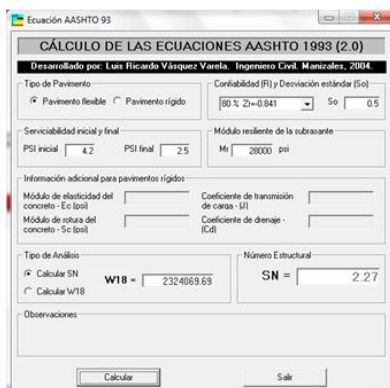
4.47

AUC:
Vienen de la Formula
AASHTO 93 Software



DISEÑO DE ESPESORES

APORTE	MATERIALES	COEFICIENTES a	MR	SN	mi	ESPESORES CALCULADOS		ESPESORES DE DISEÑO	
						D (in)	D (cm)	D (cm)	D (in)
NUEVO	MAC	0.44	450000	2.27	1	5.16	13.10	10.00	3.94
EXISTENTE	BG	0.17	41400	2.81	0.8	7.92	20.13	30.00	11.81
EXISTENTE	SBG	0.118	16184	4.47	0.8	11.99	30.44	40.00	15.75
						33.23		80.00	SN APORTADO




AUC:
Vienen de la Formula
AASHTO 93

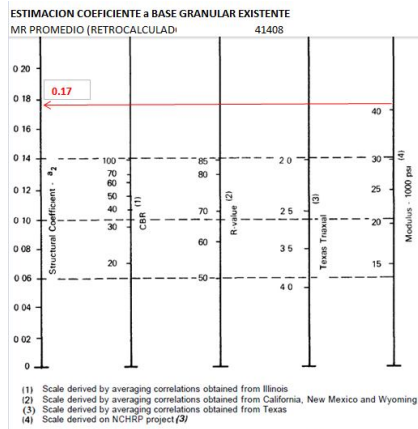


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

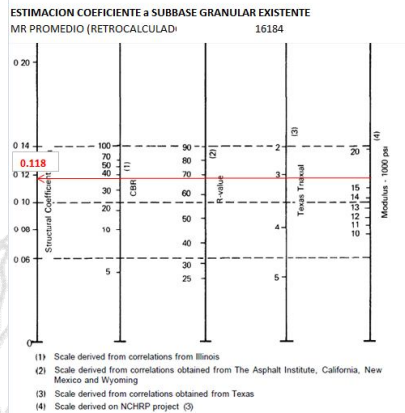


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_2) with Various Subbase Strength Parameters (3)

DISEÑO DE ESPESORES CONSTRUCTIVO

APORTE	MATERIALES	COEFICIENTES a	mi	D (cm)	D (in)	SN Diseño
NUEVO	MAC	0.44	1	10.00	3.94	1.73
EXISTENTE	RG	0.17	0.8	30.00	11.81	1.01
EXISTENTE	SGG	0.118	0.8	40.00	15.75	1.42
TOTAL				80.00		4.83
					SN APORTADO	3,940,000.00
					ESAL Diseño	3,940,000.00

AUC:
Vienen de la Formula
AASHTO 93 Software

Nota: la metodología no permite devolverse a cambiar espesores de las capas calculadas de arriba hacia abajo en el proceso. Se puede aumentar el espesor de la ultima capa calculada por razones constructivas (ver y comparar entre diseño de espesores y diseño espesores constructivo)

Equación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Viquez Varela, Ingeniero Civil, Montecarlo, 2004

Tipo de Pavimento: ☐ Pavimento flexible ☒ Pavimento rígido

Confianza (P) y Densidad estándar (F):

Severidad inicial y final:

Modulo resiliente de la subbase: psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Modulo de elasticidad del concreto (EC) (ksi): Coeficiente de transmisión de carga (CT):

Modulo de resaca del concreto (SC) (ksi): Coeficiente de dilatación (CD):

Tipo de Análisis: ☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

SN = Eje de 18 llantas:

Observaciones:

Calcular Calcular

ESTIMACIÓN DE ESAL A PARTIR DE TPD

1. ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS VEHICULARES

DATOS GENERALES

Distribución en carril de diseño (DS)	0.8
Periodo de diseño (años)	25
Crecimiento anual	4.39%
Factor de crecimiento	12.4405

AÑO	TPD	LIVIANOS		PESADOS			TOTAL	
		AUTOMOTIVIL	PICK UP	C2, C2+, BUS C2	C3	T3-S2	LIVIANOS	PESADOS
2015	2785	2345	37	304	90	7	2382	403
F.C.		0.002	0.012	0.881	2.773	3.861	85%	15%
ESAL DIARIO	659.315	4.83	0.204	267.824	339.57	27.827	4.834	634.421
% ESAL	100%	1%	0%	42%	33%	4%	1%	99%
ESAL*DS	511	4	0	214	272	22	4	508
ESAL ANUAL	186,475.95	1,393.48	59.57	78,204.01	99,154.44	7,853.88	1,429.05	183,256.95
ESAL (PD años)	2,324,069.69	17,949.32	741.58	973,607.13	1,234,421.76	98,249.90	17,746.01	2,166,278.78

2. ESTIMACIÓN DEL SN REQUERIDO

DATOS GENERALES

ESAL (Diseño)	2,324,069.69
Nivel de Confianza (Z0)	82%
Desviación Estándar (So)	0.5
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.2
Serviciabilidad Terminal (Pt)	2.5
Cambio en el nivel de servicio (ΔPS)	3.7
ARI de la subbase (ps)	4851

ECUACION AASHTO 1993 SN REQUERIDO



SN REQUERIDO

6.87

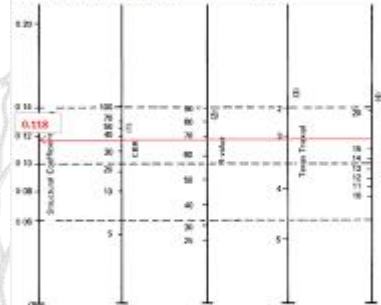
ARI:
Versión de la Fórmula
AASHTO 93 Software



ESTIMACION COEFICIENTE A SUBBASE GRANULAR EXISTENTE

MR PROVISTO (RETROCAL) CUALD

16184



(2) Scale derived from correlations from Illinois
(3) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming
(4) Scale derived from correlations obtained from Texas
(5) Scale derived from NCHRP project (3)

Fig. 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (k_s) with Various Subgrade Strength Parameters (3)

DISEÑO DE ESPESORES CONSTRUCTIVO

APORTE	MATERIALES	COEFICIENTES a	mil	D (cm)	D (in)	SN Diseño
NUEVO	M&C	0.44	1	8.80	3.45	1.39
NUEVO	BE-25	0.35	1	20.00	7.87	1.24
EXISTENTE	ASFO	0.330	1	20.00	7.87	1.32
TOTAL				78.80	31.19	4.95

SN APORTADO

4.95

ESAL (Diseño)

2,483,066.06

ARI:
Versión de la Fórmula
AASHTO 93 Software



ESTIMACIÓN DE ESALS A PARTIR DE TPD

1. ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS VEHICULARES

DATOS GENERALES

Distribución en carril de diseño (DS)	0.8
Periodo de diseño (años)	10
Crecimiento anual	4.78%
Factor de crecimiento	12.4495

AÑO	TPD	LIVIANOS		PESADOS			TOTAL	
		AUTOMOVIL	PICK UP	C2, C2+, BUS C2	C3	T3-S2	LIVIANOS	PESADOS
2013	2763	2345	17	304	90	7	2362	401
F.C.		0.002	0.012	0.881	3.773	3.861	85%	15%
ESAL DIARIO	639.315	4.69	0.204	267.824	339.57	27.027	4.894	634.421
% ESAL	100%	1%	0%	42%	53%	4%	1%	99%
ESAL*DS	511	4	0	214	272	22	4	508
ESAL ANUAL	186.679.98	1.369.48	59.57	78.204.61	99.154.44	7.891.88	1.429.05	185.250.93
ESAL (PD años)	2.324.069.69	17.049.32	741.59	973.607.13	1.234.421.76	98.249.90	17.790.91	2.306.278.78

2. ESTIMACIÓN DEL SN REQUERIDO

DATOS GENERALES

ESAL Diseño	2.324.069.69
Nivel de Confianza (ZR)	80%
Desviación Estandar (So)	0.5
Serviciabilidad Inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad Terminal (Pt)	2.5
Cambio en el nivel de servicio (ΔPSI)	1.7
MR de la subrasante (psi)	2667

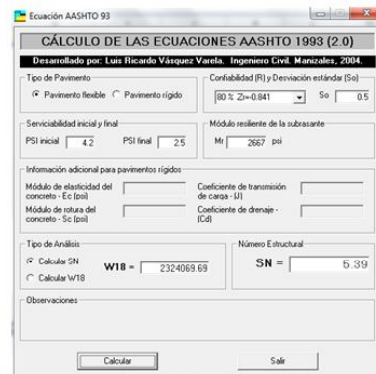
ECUACION AASHTO 1993 SN REQUERIDO



SN REQUERIDO

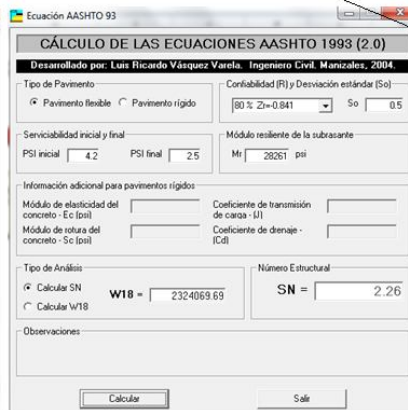
5.39

AUC:
Vienen de la Formula
AASHTO 93 Software



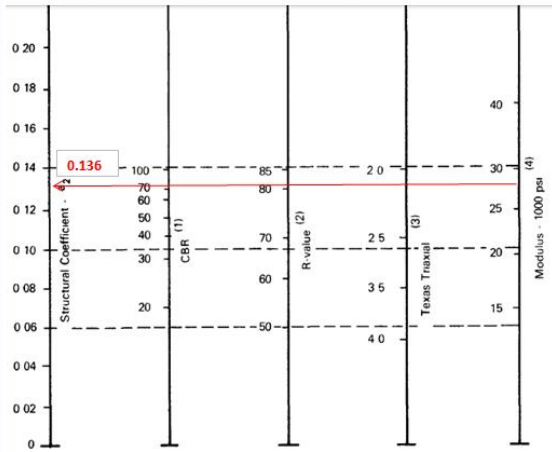
DISEÑO DE ESPESORES

APORTE	MATERIALES	COEFICIENTES a	MR	SN	mi	ESPESORES CALCULADOS		ESPESORES DE DISEÑO		SN Diseño
						D (in)	D (cm)	D (cm)	D (in)	
NUEVO	MAC	0.44	450000	2.27	1	5.16	13.10	13.00	5.12	2.25
NUEVO	BG	0.13	28000	2.26	0.8	0.08	0.20	15.00	5.91	0.61
EXISTENTE	BG	0.136	28261	5.39	0.8	23.20	58.92	59.00	23.23	2.53
							13.30	87.00	SN APORTADO	5.39

AUC:
Vienen de la Formula
AASHTO 93

ESTIMACION COEFICIENTE a BASE GRANULAR EXISTENTE
MR PROMEDIO (RETROCALCULAD) 28261



- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois
(2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming
(3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
(4) Scale derived on NCHRP project (3)

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

DISEÑO DE ESPESORES CONSTRUCTIVO

APORTE	MATERIALES	COEFICIENTES a	mi	D (cm)	D (in)	SN Diseño
NUEVO	MAC	0.44	1	13.00	5.12	2.25
NUEVO	BG	0.13	0.8	15.00	5.91	0.61
EXISTENTE	SBG	0.136	0.8	59.00	23.23	2.53
TOTAL				87.00	SN APORTADO	5.39
					ESAL Diseño	2.350.000.00

AUC:
Vienen de la Formula
AASHTO 93 Software

Nota: la metodología no permite devolverse a cambiar espesores de las capas calculadas de arriba hacia abajo en el proceso. Se puede aumentar el espesor de la ultima capa calculada por razones constructivas (ver y comparar entre diseño de espesores y diseño espesores constructivo)

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vázquez Varela, Ingeniero Civil, Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento: ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So): So:

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: PSI final:

Módulo resiliente de la subbase: Mr: psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (ksi): Coeficiente de transmisión de carga - J:

Módulo de rotura del concreto - S_c (ksi): Coeficiente de drenaje - ICD:

Tipo de Análisis: ☐ Calcular SN ☒ Calcular W18

SN = W18 =

Ejes de 18 kips

Observaciones:

Calcular Salir

ESTIMACIÓN DE ESALS A PARTIR DE TPD

1. ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS VEHICULARES

DATOS GENERALES

Distribución en carril de diseño (DS)	0.8
Periodo de diseño (años)	10
Crecimiento anual	4.78%
Factor de crecimiento	12.4495

AÑO	TPD	LIVIANOS		PESADOS			TOTAL	
		AUTOMOVIL	PICK UP	C2, C2+, BUS C2	C3	T3-S2	LIVIANOS	PESADOS
2013	2763	2345	17	304	90	7	2362	401
F.C.		0.002	0.012	0.881	3.773	3.861	85%	15%
ESAL DIARIO	639.315	4.69	0.204	267.824	339.57	27.027	4.894	634.421
% ESAL	100%	1%	0%	42%	53%	4%	1%	99%
ESAL*DS	511	4	0	214	272	22	4	508
ESAL ANUAL	186.679.98	1.369.48	59.57	78.204.61	99.154.44	7.891.88	1.429.05	185.250.93
ESAL (PD años)	2.324.069.69	17.049.32	741.59	973.607.13	1.234.421.76	98.249.90	17.790.91	2.306.278.78

2. ESTIMACIÓN DEL SN REQUERIDO

DATOS GENERALES

ESAL Diseño	2.324.069.69
Nivel de Confianza (Zr)	80%
Desviación Estandar (So)	0.5
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.2
Serviciabilidad Terminal (Pt)	2.5
Cambio en el nivel de servicio (ΔPSI)	1.7
MR de la subrasante (psi)	2667

ECUACION AASHTO 1993 SN REQUERIDO



SN REQUERIDO

5.39

AUC:
Viene de la Formula
AASHTO 93 Software

Calculadora de las Ecuaciones AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Viquez Yanez, Ingeniero Civil, Mestrado, 2004

Tipo de Pavimento: ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2.5

Modulo resiliente de la subrasante: Mr: 2667 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Modulo de elasticidad del concreto: Eci (ksi): Eci (MPa):

Modulo de elasticidad del concreto: Ecs (ksi): Ecs (MPa):

Coeficiente de transmisión de carga: Ctt:

Coeficiente de drenaje: D:

Tipo de Análisis: ☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

W18 = 232.409.69

Número Estructural: SN = 5.39

Observaciones:

Calcular Salir

ESTIMACION COEFICIENTE A BASE GRANULAR EXISTENTE

MR PROMEDIO (RETROCALCULADO) 28261

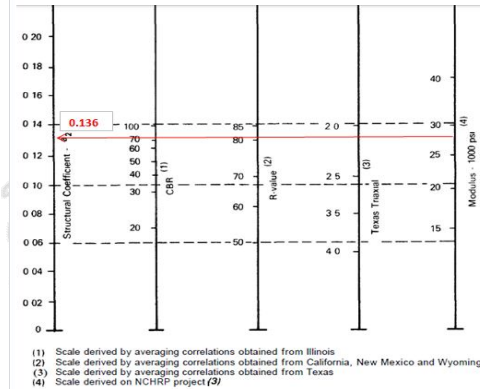


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

DISEÑO DE ESPESORES CONSTRUCTIVO

APORTE	MATERIALES	COEFICIENTES a	mi	D (cm)	D (in)	SN Diseño
NUEVO	MAC	0.44	1	10.00	3.94	1.73
NUEVO	BE-25	0.16	1	20.00	7.87	1.26
EXISTENTE	BE	0.136	0.8	59.00	23.23	5.52
TOTAL				89.00		SN APORTADO 5.52
						ESAL Diseño 2.800.000.00

AUC:
Viene de la Formula
AASHTO 93 Software

Calculadora de las Ecuaciones AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Viquez Yanez, Ingeniero Civil, Mestrado, 2004

Tipo de Pavimento: ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2.5

Modulo resiliente de la subrasante: Mr: 2667 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Modulo de elasticidad del concreto: Eci (ksi): Eci (MPa):

Modulo de elasticidad del concreto: Ecs (ksi): Ecs (MPa):

Coeficiente de transmisión de carga: Ctt:

Coeficiente de drenaje: D:

Tipo de Análisis: ☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

SN = 5.52

W18 = 2.80E+06

Observaciones:

Calcular Salir