



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO  
DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES,  
SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E  
INTERNACIONALES**

**Autores:** Bustos Oswaldo  
Delgado Roitmar

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y  
FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de  
**INGENIERO CIVIL**

**Autores:** Bustos Oswaldo  
C.I:21.315.910  
Delgado Roitmar  
C.I: 24.547.564  
**Tutor:** Ing. Manuel Figueira

San Diego, abril de 2021



**FIL-007-2020-3CR (TG)**

Valencia, 22 de marzo de 2021

Ciudadanos:  
**DELGADO, ROITMAR ALEJANDRA.**  
C.I 24.547.564  
**BUSTOS, OSWALDO JOSE.**  
C.I 21.315.910  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 19-01-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado *GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES*. Presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Manuel Figueira C.I: 17.315.996 como Tutor Académico que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.**  
**Decano**



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Manuel Figueira portador de la cédula de identidad N 17.315.996, en mi carácter de tutor de trabajo de grado presentado por los ciudadanos Bustos Oswaldo C.I. 21.315.910 y Delgado Roitmar C.I: 24.547.564, titulado **GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe

En San Diego, al 5to día del mes de abril del año 2021.

---

**Ing. Manuel Figueira**

**C.I: 17.315.996**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, Octubre de 2020

**ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente

Ing. Manuel Figueira

**Tutor Académico**

\_\_\_\_\_

**Firma**

\_\_17/10/2020\_\_

**Fecha**

Ing. Alicia de Pizzella

**Tutor Metodológico**

\_\_\_\_\_

**Firma**

**16-10-2020**

**Fecha**

## **DEDICATORIA**

*A Dios*, por ser mi guía, por llevarme de la mano y permitirme alcanzar esta y cada una de las metas de mi vida.

*A mi madre*, quien ha sido mi fortaleza y pilar, mi refugio ante las adversidades, quién ha creído en mí, sin importar si he fallado y siempre ha estado ahí con una palabra de amor para levantarme cuando he caído, quien con su lucha incansable me ha traído hasta aquí. Mami te mereces todo el honor, esto es por ti y para ti.

*A mi padre*, mi otro pilar, quien me cuida y guía desde el cielo, como lo hizo en vida y sé que desde donde está me mira con orgullo, ojalá estuvieras aquí, esto también es por ti papi.

*A mis abuelas*, mis otros dos angelitos en el cielo, quienes fueron luz y amor en mi vida.

*A mi padrino*, Iván Marcelo Rodríguez, quien ha convertido kilómetros de distancia en metros y siempre ha estado ahí para mí. Él con su apoyo incondicional ha hecho posible que hoy esté donde estoy.

*A mis hermanas*, a Rosmary por ser mi apoyo y mi guía, por estar siempre ahí en los momentos difíciles y en los momentos bonitos, a Rosmair, por ser mi cómplice y mi compañía.

*A mi sobrino*, Mario Alejandro, por ser la luz de mi vida, mi alegría y mis ganas de seguir.

*A mi novio*, mi amado José Esteban, por ser mi apoyo incondicional, por su paciencia y por compartir conmigo su sabiduría, por darme alegría y vida, por impulsarme a luchar y esforzarme para lograrlo

*A mi familia*, tíos, tías y primos por haber aportado cada uno un granito de arena para formar la persona que soy hoy, ¡GRACIAS!

*Roitmar Delgado*

Primeramente dedicado *a Dios*, que me ha permitido cumplir con una de mis más grandes metas que es culminar mi carrera como Ingeniero Civil muy a pesar de los tiempos que hemos vivido para la fecha.

*A mis padres* a quienes amo, a mi mama Deisy Solórzano, quien nunca me dejó caer ni rendirme cuando pensé tomar otro rumbo que no era culminar mi carrera, y a mi papá Francisco Bustos, que desde el cielo me acompaña y sé que estaría orgulloso ya que fue mi impulso siempre para convertirme en profesional.

*A mis tíos* Víctor Solórzano, Ana Sánchez, Juan Carlos Solórzano y Yaritza Loreto, quienes se preocuparon por mí como unos padres y me apoyaron en todo momento sin dejar de creer en que lo lograría.

*A mis primos* Carlitos, Carolina, Gabriela, Mario y Sara. A quienes quiero como hermanos mayores o a otros como hermanitos menores.

*A mis amigos de siempre* Joseph, Daniel, Leandro, Pérez, Wilmar, Davier, Eliener. Porque la meta era lograrlo y me gradúo por los que no pudieron por diferentes motivos, son gran parte de mi título por eso se las dedico.

*A toda mi familia en general*, por los que me apoyaron y por todos los que estuvieron pendiente siempre que quizás se me escapen en este momento.

*Oswaldo Bustos.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios*, gracias por guiarme y permitirme alcanzar esta meta.

*A mis padres*, gracias por darme la vida y llenarla de amor, por su dedicación. Gracias por su lucha y por acompañarme en la mía, por darme fortaleza, gracias por hacer de mí la mujer que soy hoy, son mi más grande orgullo ¡Los amo!

*A mi padrino*, gracias por estar siempre para mí, por apoyarme y motivarme a seguir, esto es posible gracias a ti, gracias un ser de luz para mí.

*A mis hermanas*, gracias por acompañarme en el camino de la vida, por hacerme feliz, por darme fuerzas y hacer de mí una mejor persona.

*A mi sobrino*, gracias por llegar a mi vida y llenarla de colores, por ser mi motivación y por tu amor puro.

*A mi novio*, mi colega y mi equipo, gracias por llegar a mi vida y completarla, gracias por estar siempre para mí, por ser mi respaldo y por darme fuerza, eres mi alegría y mi ilusión.

*A mi compañero de tesis*, Oswaldo, por ser más que mi compañero de tesis, mi amigo y mi compañero de todo en los últimos semestres, por la paciencia y dedicación para que pudiéramos alcanzar esta meta. Hicimos un gran equipo ¡Gracias por brindarme tu amistad!

*A nuestro tutor*, Ing. Manuel Figueira, gracias por estar siempre dispuesto a compartir sus conocimientos con nosotros y ser nuestra guía dentro de este camino.

*Al Ing. Pedro Ramírez*, quien a pesar de no poder acompañarnos en todo el recorrido fue parte fundamental de este logro, siempre dispuesto a apoyarnos.

*A todos mis profesores*, gracias por enseñarnos, no solo de la carrera sino de la vida, por compartir sus conocimientos y a pesar de las adversidades, seguir luchando para formar profesionales, para formar futuro ¡gracias!

*A mis amigos*, por recorrer a mi lado este camino, compañeros de risas, lágrimas, y trasnochos, especialmente a Carla y Santiago, quienes me recibieron y me hicieron un lugar dentro de su equipo ¡qué buena fortuna fue conocerlos! y a mis amigos Carlos, Andrea, Boris, Oscar, Kaomy, Jaurifer, Sebastián, Andrés y Veruzka, gracias a ustedes

también por llegar a mi vida, que esto no sea el fin de un camino, sino el inicio de un nuevo recorrido que nos mantenga unidos toda la vida.

***Roitmar Delgado.***

Agradezco de primero a Dios, quien es el principal motivo de haber logrado mi meta, a toda mi familia quien siempre se preocupó y nunca me dejaron rendirme, a mi compañera de tesis Roitmar Delgado que si toca hacer otra, espero me elija otra vez como su compañero.

Gracias a los tutores Manuel Figueira y Alicia Pizzela por su compromiso y hacernos este camino del trabajo de grado un poco más suave, guiándonos durante estos 2 semestres y en las diferentes materias que me dictaron.

A mis amigos nuevamente Joseph, Leandro, Pérez, Eliener y Pedro. Quienes vivieron conmigo la peor y mejor etapa como estudiantes, donde aprendimos a valorar mucho la amistad y el tiempo de apoyo. Wilmar y Daniel quienes son mis compañeros y amigos desde hace más de 10 años me apoyaron en muchas cosas y circunstancias para lograr esta meta.

A los mejores compañeros de la universidad, Luis, Lerwin, Aliskahil, Roitmar y todos con los que compartí, que seguro se me escapan, les agradezco a todos.

GRACIAS A TODOS, LO LOGRE.

***Oswaldo Bustos.***

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento Del Problema	3
1.2 Formulación Del Problema	4
1.3 Objetivos de la Investigación	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Justificación	4
1.5 Alcance	5
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes	7
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 Infraestructura vial	10
2.2.2 Vialidad	12
2.2.3 Clasificación de la vía	17
2.2.4 Pavimento	19
2.2.6 Fallas en pavimentos	21
2.2.7 Evaluación de los pavimentos:	30
2.2.8 Índice de condición de pavimento PCI o ASTM D 64433-99	31
2.2.9 AASHTO	31
2.2.10 Tránsito	31
2.2.11 Cuneta	33
2.2.12 Sección de una vía	33
2.2.13 Cargas vehiculares:	33
2.2.14 Clasificación de los Suelos.	34

2.2.15	Importancia de los Tipos de Suelos.	36
2.2.16	Clasificación visual.	36
2.2.17	Clasificaciones de suelos de laboratorio.	37
2.2.18	Defectos de Construcción:	38
2.2.19	Defectos de Diseño Vial:	38
2.2.20	Pendiente o inclinación vial.	39
2.3	Bases legales	41
2.4	Conceptos Básicos	43
<b>III MARCO METODOLÓGICO</b>		
3.1	Tipo de Investigación	47
3.2	Diseño de la Investigación	47
3.3	Nivel de la investigación	48
3.4	Población y muestra	48
3.5	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	49
3.6	Fases Metodológicas.	51
<b>IV RESULTADOS</b>		
4.1	Fase I: diagnóstico de la situación actual	53
4.2	Fase II: análisis de los métodos de cálculo de pavimentos, tanto nacionales como internacionales.	70
4.3.	Fase III: Diseño de una guía de cálculo de pavimentos rígidos y flexibles para la cátedra de Construcciones Viales.	80
<b>V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
1.1		811.2
	<b>82REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO A</b>		
	Validación del instrumento	88
<b>APÉNDICE A</b>		
	GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>Pág.</b>
1	Infraestructura vial.....	11
2	Vialidad.....	13
3	Súper carretera A.....	13
4	Súper carretera B.....	14
<b>5</b>	Vía rápida.....	14
6	Vialidades primarias.....	15
7	Vialidad secundaria.....	15
8	Calle local.....	16
9	Callejón.....	16
10	Acera o banqueta.....	17
11	Corte transversal de un pavimento flexible.....	20
12	Corte transversal de un pavimento rígido.....	21
13	Falla tipo piel de cocodrilo con nivel de severidad alto.....	22
14	Falla tipo grieta de contracción.....	22
15	Falla tipo elevación, nivel de severidad alto.....	23
16	Falla tipo corrugación, nivel de severidad alto.....	23
17	Falla tipo depresión, nivel de severidad alto.....	24
18	Falla tipo grieta de borde, nivel de severidad medio.....	24
19	Falla tipo desnivel calzada hombrillo, nivel de severidad medio.....	25
20	Falla tipo grietas longitudinales, nivel severidad medio.....	25
21	Falla tipo grietas transversales, por efecto de bajas temperaturas.....	26
22	Falla tipo grietas de reflexión de juntas de losas de concreto, nivel de severidad alto.....	26
23	Bache moderadamente deteriorado.....	27
24	Agregado pulido.....	27
25	Niveles de severidad de huecos.....	28
26	Falla tipo hueco, nivel de severidad alto.....	28
27	Falla tipo ahuellamiento.....	29
28	Falla tipo deformaciones por empuje.....	29
29	Disgregación y desintegración.....	29
30	Exudación, nivel de severidad alto.....	30
31	Tránsito.....	32
32	Cuneta.....	33
33	Sección de una vía.....	33
34	Carga útil vehicular.....	34
35	Calibrador geotécnico.....	37
36	Diagrama de relación inclinación- porcentaje de una vía.....	39
37	Señalización y relación porcentaje-metros de pendiente de una vía.....	40
38	Valores referenciales de CBR, usos y suelos.....	40

39	Resistencia a la penetración que presenta la piedra triturada.....	41
40	Gráfico n°1: Resultado de la pregunta n°1 de la encuesta.....	53
41	Gráfico n°2: Resultado de la pregunta n°2 de la encuesta.....	54
42	Gráfico n°3: Resultado de la pregunta n°3 de la encuesta.....	54
43	Gráfico n°4: Resultado de la pregunta n°4 de la encuesta.....	55
44	Gráfico n°5: Resultado de la pregunta n°5 de la encuesta.....	55
45	Gráfico n°6: Resultado de la pregunta n°6 de la encuesta.....	56
46	Gráfico n°7: Resultado de la pregunta n°7 de la encuesta.....	56
47	Gráfico n°8: Resultado de la pregunta n°8 de la encuesta.....	57
48	Gráfico n°9: Resultado de la pregunta n°9 de la encuesta.....	58
49	Gráfico n°10: Resultado de la pregunta n°10 de la encuesta.....	58
50	Gráfico n°11: Resultado de la pregunta n°11 de la encuesta.....	59
51	Cuadro comparativo entre los métodos desarrollados en la guía.....	74
52	Matriz FODA aplicada a la elaboración de la guía.....	77



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES**

**Autores:** Bustos Oswaldo

Roitmar Delgado

**Tutor:** Ing. Manuel Figueira

**Fecha:** octubre, 2020

**RESUMEN**

El aprendizaje es un proceso, en el cual el individuo a través de herramientas pone en marcha ciertos mecanismos cognitivos que le permiten digerir la nueva información que se le está ofreciendo para convertirla en conocimientos de provecho. El presente proyecto tendrá como propósito elaborar una guía de cálculo de pavimento de la asignatura de Construcciones Viales, con el fin de ayudar a los estudiantes al mejor desenvolvimiento en la asignatura, con una metodología que va desde conceptos básicos hasta ejercicios prácticos del diseño de pavimento rígidos y flexibles. A los estudiantes se les realizará una encuesta, con la cual se pretende conocer las debilidades y principales fallas sobre los conocimientos del tema. La información se utilizará para el diseño del contenido de la guía. La metodología se basa en la modalidad de Proyecto factible, apoyada en una investigación descriptiva de tipo documental con la intención de crear un instrumento haga mucho más fácil la comprensión del tema, esta será la principal justificación de la utilización de la guía como herramienta complementaria a las clases dictadas en la materia de Construcciones Viales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez

**Descriptor:** Diseño de pavimentos, guía práctica.

## **INTRODUCCIÓN**

El profesional de la Ingeniería civil tiene como objetivo principal satisfacer las necesidades sociales, usando sus conocimientos para generar progreso y mejoras a la sociedad a través de la construcción de obras civiles, en el caso de la vialidad, esta facilita la comunicación entre ciudades y el desplazamiento interurbano, mejora las condiciones de vida de la población permitiéndole un mayor desarrollo de la actividad económica, acceso a hospitales, escuelas y universidades, y parte fundamental del buen funcionamiento de una vía radica en su diseño.

Por ello, es sumamente importante que los estudiantes de Ingeniería Civil dominen a cabalidad los conocimientos referentes al diseño de vías de comunicación, el factor indicativo del estado de una vía de comunicación es el estado del pavimento, el ciudadano común al transitar por una vía, las únicas deficiencias que es capaz de detectar son las fallas visibles en el pavimento, lo cual le genera incomodidades y mayor desgaste a los vehículos, al mismo tiempo que representa un aumento en el riesgo de sufrir accidentes de tránsito.

Es con base en esto que se destaca la importancia de aprender a realizar un adecuado cálculo de pavimento para alargar la vida útil del mismo y evitar así los inconvenientes antes mencionados, es por esto que en la presente investigación surge la pregunta de cómo se puede mejorar la comprensión del diseño de pavimentos en los estudiantes de la cátedra de Construcciones Viales de la Universidad José Antonio Páez, para determinarlo se hará uso de técnicas e instrumentos de recolección de datos que permitirán conocer las deficiencias que presentan los estudiantes que se encuentran cursando la asignatura y quienes ya la cursaron, en cuanto a los conocimientos básicos necesarios para realizar el cálculo, diseño y mantenimiento de un pavimento, tanto rígido como flexible.

Conocer las debilidades y fortalezas de los estudiantes respecto al tema, permitirá diseñar una guía de cálculo que sea práctica, sencilla y que facilite la comprensión y el manejo de los conocimientos por parte de los futuros promotores del desarrollo de la sociedad, los futuros Ingenieros Civiles.

Esta investigación consta de cinco capítulos, que a su vez se dividen de la siguiente manera:

El Capítulo I, presenta el planteamiento del problema, así como la formulación del mismo, expresando los objetivos que se busca alcanzar por medio de la investigación y la justificación y alcance de la misma.

Por su parte el Capítulo II, contiene el marco teórico con el fin de delimitar el área de la investigación y recopilar conocimientos existentes en la misma, sustentando así la investigación para el desarrollo de la guía.

El Capítulo III, consta del marco metodológico, que incluye tipo, diseño y nivel de la investigación y las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados.

El Capítulo IV, presenta un análisis de los resultados obtenidos por medio de la aplicación de encuestas a los estudiantes que están cursando o ya cursaron la asignatura de construcciones viales y entrevistas a expertos en la materia, así mismo se describen las fases en las que se divide el trabajo de investigación.

El Capítulo V, en este capítulo se presenta las conclusiones de los resultados obtenidos de la investigación y de qué manera se abordó cada resultado, del mismo modo que se presentan algunas recomendaciones por parte de los tutores con respecto a dichos resultados.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento Del Problema**

A nivel mundial la red vial juega un papel fundamental para el desarrollo y crecimiento económico y social de un país, es el medio que permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud, lo que representa las principales actividades de un país. En Latinoamérica en general, se muestra un problema serio referente a infraestructuras de vías de comunicación, en Venezuela específicamente según cifras oficiales, para noviembre de 2017 se contaba con 96.155 kilómetros de vías, de los cuales 32000 son pavimentados, sin embargo la estructura de la mayor parte de estas vías no se encuentra en condiciones óptimas.

Tanto el proceso constructivo, como el mantenimiento preventivo y correctivo de la estructura de una vialidad, pertenecen al campo de estudio la ingeniería vial, una de las principales ramas de la ingeniería civil. En la Universidad José Antonio Páez el pensum de estudio correspondiente a esta área, el mismo está constituido por las siguientes cátedras: Topografía, Mecánica de los suelos, Tránsito y transporte, Diseño de Carreteras y Construcciones viales, el contenido programático de esta última incluye el estudio de los tipos de pavimento, sus características, las fallas que se producen en el pavimento, tanto rígido como flexible y los factores que generan dichas fallas así como el diseño de pavimentos por el Método del Instituto de Asfalto.

Dada la importancia que tiene el diseño adecuado del pavimento para garantizar un óptimo funcionamiento de la vialidad a corto y a largo plazo, al igual que la seguridad de los conductores y usuarios de la misma, surge la necesidad de crear herramientas que faciliten el estudio y la comprensión absoluta de este tema, para lo

cual se propone elaborar una guía de cálculo que comprenda una base teórica para mejorar el dominio de los conocimientos de las cátedras que preceden a la cátedra en cuestión.

De igual manera, proporcionará la teoría requerida para aplicar el método del Instituto de Asfalto, con sus respectivos ejercicios prácticos, adicionalmente se presentarán otros métodos que se han desarrollado internacionalmente, que también son aplicables en el ámbito nacional, para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles con el fin de ampliar el abanico de posibilidades que tiene el estudiante para trabajar según los aspectos que conoce de la vía que se desee diseñar.

## **1.2 Formulación Del Problema**

¿Cómo se puede mejorar la comprensión del diseño de pavimentos correspondiente en la cátedra de Construcciones Viales de la Universidad José Antonio Páez?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer el diseño de una guía de cálculo de pavimento rígido y flexible para la cátedra de construcciones viales.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar los conocimientos que poseen los alumnos cursantes de la cátedra de Construcciones Viales, en cuanto al cálculo de pavimentos.
2. Analizar los métodos de cálculo de pavimentos, tanto nacionales como internacionales.
3. Diseñar una guía de cálculo de pavimentos rígidos y flexibles para la cátedra de construcciones viales.

## **1.4 Justificación**

Los estudiantes de ingeniería civil deben manejar de forma clara el diseño de pavimentos, tanto rígidos como flexibles, ya que la vialidad es un aspecto importante para el desarrollo de dicha profesión, esto se debe a que la creación de redes viales, otorga a la sociedad la posibilidad de satisfacer sus necesidades básicas de educación, trabajo, salud y alimentación, permitiendo así el progreso económico y social de un país.

Por esto cabe destacar que de un diseño de pavimentos adecuado depende en gran medida el buen funcionamiento de una red vial, pues si se manejan los materiales con las proporciones y características correspondientes, respetando el espesor necesario según el tránsito de vehículos, se reduce considerablemente la fatiga que se produce en la capa asfáltica, al igual otros factores que se encuentran relacionados a la aparición de fallas en pavimentos, lo que repercute en la sociedad dado que la presencia de fallas ocasiona daños en los neumáticos, el tren delantero y otras partes de los vehículos, aumentando la probabilidad de que ocurran accidentes de tránsito.

Por consiguiente, se puede decir que esta guía de cálculo no sólo busca mejorar el ámbito académico facilitando la comprensión del diseño de pavimentos para los alumnos de la Universidad José Antonio Páez y para cualquier estudiante de Ingeniería Civil, sino que tiene también una repercusión en la sociedad por el vínculo que tiene el buen trabajo del ingeniero civil al diseñar un pavimento, con la seguridad de los usuarios de esa vialidad.

De igual manera este trabajo representa un aporte académico para otros estudiantes que en un futuro puedan tomarlo como antecedente para realizar su propia investigación relacionada al diseño de pavimentos o específicamente con alguno de los métodos que se presentan en el desarrollo de esta guía de cálculo.

### **1.5 Alcance**

Esta guía presenta como área de estudio la cátedra de Construcciones viales, correspondiente al pensum de Ingeniería Civil en la Universidad José Antonio Páez que forma parte de las instituciones educativas del Municipio San Diego, Estado Carabobo, para su realización se parte de las bibliografías y diferentes estudios que se han realizado sobre el tema a nivel mundial, así como de la información obtenida del contenido programático de la cátedra y la suministrada por el profesor de Construcciones Viales en la Universidad José Antonio Páez lo que permite que la guía abarque tanto la teoría requerida para el diseño de pavimentos, como ejercicios prácticos que faciliten la comprensión del tema.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Aguilera, (2017), presentó ante la Universidad Católica Los Ángeles Chimbote, su trabajo de grado, para optar por el título de Ingeniero Civil, titulado **“Evaluación de las patologías existentes en el pavimento flexible de la avenida Don Bosco, cuadras 28, 29,30 y 31 del aa- hh. Santa rosa, distrito veintiséis de octubre, departamento de Piura”**, la cual es del tipo cualitativo, con un esquema descriptivo y fue elaborado, según lo expresado por el autor, con el propósito de comprender y explicar los conceptos en base a la evaluación de pavimentos, identificando principales patologías que se presentan en dicha vía y sus posibles causas a fin de evitar su aparición y de conseguir mejoras en el pavimento.

Este trabajo se considera como una referencia para el desarrollo de la presente investigación, ya que puede generar aportes teóricos significativos en cuanto a las fallas que se presentan en el pavimento flexible y cómo tratarlas, lo cual se utilizará de base para elaborar la sección de la guía correspondiente a este tema.

Así mismo, Escobar, Huincho (2017), presentaron su trabajo de grado con titulado **“Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017”** como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Huancavelica en Perú, cuyo objetivo es la determinación de la influencia de parámetros de diseño, para diseñar el pavimento flexible mediante el modelo de falla

desarrollado bajo la modalidad de proyecto factible, siendo una investigación experimental en la infraestructura vial.

El proyecto está dirigido a incentivar el mantenimiento de los pavimentos flexibles y a plantear alternativas de solución a las fallas encontradas, con el fin de mejorar la transitabilidad, seguridad y comodidad de los usuarios de esa vialidad, pero más allá de esto el autor manifiesta la intención de ofrecer, por medio de su investigación, a los ingenieros viales un apoyo para la planificación, ejecución y control de sus labores, esto último está directamente relacionado con el objetivo de este trabajo, por lo que la investigación en cuestión sirve como referencia bibliográfica, así como de modelo para la organización del aspecto referido a fallas de pavimento de la presente guía.

Del mismo modo, Fontalba (2015), presentó su trabajo de grado titulado **“Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector Guacamayo 1° etapa”** como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Austral de Chile, cuyo objetivo implica la necesidad de aumentar los límites de urbanización de una ciudad para de esta forma entregar conectividad con el resto de la zona urbana, esto se quiere lograr con el estudio de tránsito de dicha zona para posteriormente hacer un diseño de pavimento flexible que cumpla con las características de exigencia por ser sometida a grandes pesos, esta es una investigación experimental con una línea de investigación de infraestructura vial.

Este trabajo apoya la presente, debido a la implementación del diseño de pavimento flexible, que será realizado bajo características de la zona para así lograr la eficiencia de la vialidad. Esto tiene mucha relevancia con el presente trabajo, debido a que aportará para el proceso de análisis y/o prevención de fallas.

También, Marcano, Villamizar, (2015) presentaron su trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad de Nueva Esparta titulado **“Plan de mantenimiento correctivo y preventivo a la vialidad de Turgua, tramo Turgua San Andrés, ubicado en la zona rural de El hatillo, Estado Miranda”** el cual tiene como objetivo la realización de inspecciones al sector de vialidad mencionado para determinar las fallas presentes y establecer una propuesta de factibilidad económica,

los autores destacan la importancia de un correcto mantenimiento preventivo en función de alargar la vida útil de una carretera o red vial.

Esta investigación de Marcano y Villamizar servirá como referencia para profundizar dentro del contenido de la guía que se está desarrollando en la presente investigación, en el tema del mantenimiento preventivo y correctivo de una vía, así como los instrumentos y técnicas que se pueden utilizar para realizar una inspección vial.

Igualmente, Hayek, Lafuente (2015), presentaron su trabajo de grado con el título de **“Diseño de un plan de mantenimiento correctivo en la autopista Prado del Este sobre la vía Chuao-Las Mercedes (coordenadas DDD: 10.483252, - 66.856077) del distribuidor “El Ciempiés” ubicado en el municipio Baruta, estado Miranda”** como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Nueva Esparta Venezuela, el cual tiene el objetivo de recuperar todos los daños causados en la vida mediante estudios necesarios de forma exploratoria, evaluando el estado en que se encuentra el tramo para así observar las fallas y que las ocasiona.

Este trabajo de grado apoya el presente, ya que implementa un plan de mantenimiento para corrección de fallas del pavimento. Esto tiene mucha correlación con el presente trabajo ya que la prevención y corrección de las fallas viales es parte del contenido de la guía práctica.

Por último, Jongue, Ramírez, (2019), presentaron su trabajo de grado titulado **“Guía práctica para el laboratorio de topografía de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez”** como requisito para optar por el título de Ingeniero

Civil en la Universidad José Antonio Páez, cuyo objetivo es mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos, por medio de la descripción de los equipos y procedimientos necesarios para realizar las prácticas de la asignatura mencionada, así como el diseño de un formato para cada una, desarrollado bajo la modalidad de proyecto factible, e investigación documental. Por tratarse del desarrollo de una guía, sirve como referencia a la presente, de la estructura que se debe trabajar para su elaboración, así como de los instrumentos y técnicas a utilizar en la investigación.

## **2.2 Bases Teóricas**

Según Arias, (2012). “Las bases teóricas se refieren al desarrollo de los aspectos generales del tema, comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado”.

### **2.2.1 Infraestructura vial.**

Incide mucho en la economía de un país por el gran valor que tiene en ésta, al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarle también los costos que se derivan por el mal estado de las vías. También es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro.

A partir de la segunda guerra mundial, el transporte por carretera creció de forma exponencial y hoy en día es la forma de transporte más utilizada a nivel mundial. La importancia se ve reflejada tanto en el desplazamiento de pasajeros como de cargas pesadas que definen la economía de muchos países. En Latinoamérica y el caribe, este medio de transporte influye en un 75% hasta 80%.

La infraestructura vial tiene una enorme importancia para el desarrollo económico, las vías terrestres interconectan los puntos de producción y consumo y el estado de las mismas determina en un alto porcentaje el nivel de costos de transporte, los cuales a su vez influyen sobre los flujos de comercio nacional e internacional de un país. Por esta razón, la construcción y el mantenimiento de las carreteras son temas que requieren de especial atención. (Ver figura 1). Alcaldía de Barranquilla (2013)

## 1. Infraestructura vial

Fuente: <https://sites.google.com/site/h03422eticii/home/la-ingenieria-civil/ingenieria-de-transporte-o-infraestructura-vial>

funcionamiento de la infraestructura vial, la definición de los objetivos y metas que junto a la definición de las estrategias y programas de conservación, los mecanismos de ejecución de obras y los indicadores de evaluación de los resultados.

**-Eficiencia:** Este modelo de gestión propone hacer un uso eficiente de los limitados recursos públicos destinados a la infraestructura vial, haciendo énfasis en las actividades de conservación, por encima de la rehabilitación o la nueva construcción. Estas actividades, de bajo costo y fácil ejecución, permiten conservar la infraestructura en buena condición y prolongar su vida útil, con ello conservar el patrimonio vial acumulado por el país. En el caso de los pavimentos, la implementación de este esquema de conservación considera tres principios básicos: conocer la condición de los pavimentos a conservar, seleccionar y diseñar las intervenciones de conservación apropiadas y ejecutarlas en el momento oportuno.

**-Estratégico:** La infraestructura vial es construida para servir de forma duradera a los usuarios, representa una importante inversión de recursos públicos, y su conservación requiere de un esfuerzo sostenido a lo largo de los años. Estas características hacen que su gestión se convierta en una actividad de carácter estratégico, que debe responder a una visión de largo plazo, orientada al logro de objetivos y metas, y la prestación de un servicio eficiente y de calidad para el transporte.

### **2.2.2 Vialidad:**

Antonio Covarrubias en el 2014 expresa lo siguiente, sobre la vialidad y sus tipos: la vialidad es la palabra que se utiliza para el desarrollo, mantenimiento y administración de las vías y carreteras públicas, por eso se le llama al ente encargado “departamento de vialidad”. Son caminos públicos las vías de comunicación terrestres destinadas al libre tránsito, situadas fuera de los límites urbanos de una población y cuyas fajas son bienes nacionales de uso público. (Ver figura 2).



Figura 2: Vialidad

Fuente: <https://www.larepublica.net/noticia/en-licitacion-contratos-de-mantenimiento-vial>

### **Tipos de vialidad:**

#### **Súper carretera A:**

Vialidad dividida con control de accesos, sin intersecciones a nivel y con mayor complejidad visual que una vía urbana rápida. Generalmente tiene 6 o más carriles y las intersecciones a desnivel están espaciadas a más de 2 km entre sí. (Ver figura 3).



Figura 3: Súper Carretera A

Fuente: <https://www.alamy.es/imagenes/6-lane-highway.html>

#### **Súper carretera tipo B:**

Similar a la anterior pero con disminución de carriles, en donde el alumbrado se hace primordial en intersecciones. (Ver figura 4).



Figura 4: Súper Carretera B

Fuente: [https://verne.elpais.com/verne/2019/04/15/articulo/1555321730\\_952501.html](https://verne.elpais.com/verne/2019/04/15/articulo/1555321730_952501.html)

### **Vía rápida:**

Vialidad dividida para el tránsito de paso con control de acceso parcial y generalmente con interacciones de acceso en los cruces viales más importantes. (Ver figura 5).



Figura 5: Vía rápida

Fuente: [https://www.lavozdegalicia.es/noticia/pontevedra/pontevedra/2017/09/15/alternativa-8-cuina-via-rapida-salnes/0003\\_201709P15C11992.htm](https://www.lavozdegalicia.es/noticia/pontevedra/pontevedra/2017/09/15/alternativa-8-cuina-via-rapida-salnes/0003_201709P15C11992.htm)

### **Vialidades primarias:**

Es la parte del sistema vial que sirve como red principal de flujo vehicular de paso. Las rutas viales conectan áreas principales de generación de tránsito y carreteras rurales importantes que entran a la ciudad. (Ver figura 6).



Figura 6: vialidades primarias.

Fuente: <https://www.comunidadvialmx.org/articulos/2017-08-30-sabes-identificar-las-distintas-vialidades-de-la-cdmx>

### **Vialidad secundaria:**

Estas vías sirven al tránsito entre la vialidad primaria y local. Estas calles se usan para movimientos de tránsito entre las áreas residenciales, comerciales e industriales. (Ver figura 7).



Figura 7: Vialidad secundaria

Fuente: <https://inversionisto.com/propiedad/local-comercial-calle-del-sol-santiago/>

### **Calle local:**

Se usa principalmente para dar acceso directo a residencia, comercios o industrias. No incluye las calles que llevan tránsito de paso. (Ver figura 8).



Figura 8: Calle local.

Fuente: <http://cantabria.ciudadanos-cs.org/2020/06/19/parte-de-la-calle-san-jose-de-aastillero-sera-peatonal-los-fines-de-semana/>

**Callejón:**

Calle angosta de uso público dentro de la manzana que sirve para dar acceso posterior a algunas propiedades. (Ver figura 9).



Figura 9: Callejón

Fuente: [https://www.pinterest.es/pin/378513543675773228/?nic\\_v2=1a1CKLO46](https://www.pinterest.es/pin/378513543675773228/?nic_v2=1a1CKLO46)

**Acera o Banqueta:**

Área pavimentada para uso peatonal localizada dentro del derecho de vía de las calles. (Ver figura 10).



Figura 10: Acera o banqueta

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Acera>

**Andadores:**

Ruta peatonal fuera del derecho de vía de la calle, que atraviesan parques o áreas comunes para dar acceso al interior de las manzanas Ciclovías: Vías pavimentadas por las que circulan personas usando bicicletas, y que forman una red de circulación distinta de la vehicular y peatonal.

**2.2.3 Clasificación de la vía**

**Por su transitabilidad:**

**Terracería:** su sección de proyecto se ha construido hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de seca.

**Revestida:** posee sobre la subrasante una o varias capas de material granular y es transitable en todo el tiempo.

**Pavimentada:** posee sobre la subrasante el pavimento con todas sus capas.

**Por su ubicación:**

**Rurales o interurbanas:** permiten la comunicación entre ciudades.

**Urbanas o suburbanas:** posibilitan la comunicación entre colonias y municipios conurbanos.

**Administrativa:**

**Federales:** su construcción y mantenimiento se encuentra a cargo de la federación.

**Estadales:** son vías cuya construcción es costeadada 50 por ciento por el estado y 50 por ciento por la federación. Están a cargo de la junta local de camino.

**Vecinales o rurales:** construidas entre vecinos, la federación y el estado. Se construye y conserva por medio de la junta local del camino.

**De cuota:** quedan a cargo de dependencias oficiales descentralizadas denominadas camino y puentes federales de ingreso y servicios conexos. Las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por un tiempo determinado, esta inversión la recuperan a través de las cuotas de paso.

**Por su importancia:**

**Principales:** Son las troncales, transversales y de acceso a capitales que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país.

**Secundarios:** unen cabeceras municipales con las que vienen de otras cabeceras municipales y conectan con las vías principales.

**Por su divisoria central:**

**No dividida:** no poseen separador central.

**Divididas:** existe una divisoria entre ambos sentidos de circulación. El ancho de la divisoria puede llegar hasta 24m.

**Por su accesibilidad:**

**Autopistas:** es una vía de calzada dividida, cada sentido posee dos o más carriles. Proporciona un flujo completamente continuo, no existen interrupciones externas a la circulación y tienen control de acceso y salida.

**Vías expresas:** vía de calzada dividida, con dos o más carriles en cada sentido. Proporciona un flujo completamente continuo y tienen control total o parcial de acceso y salida.

**Colectores:** son las vías que dan acceso directo a parcelas adyacentes y distribuyen o recogen el tráfico de pequeñas áreas cuyas parcelas son servidas por vías locales con las que tienen muchas intercepciones.

**Locales:** su función es dar acceso a las parcelas adyacentes, generalmente sin circulación de vehículos pesados.

**Según organismos oficiales venezolanos:**

**Troncales:** contribuyen a la integración nacional y al desarrollo económico del país, provee la interconexión regional, nacional e internacional. Absorbe altos volúmenes de tránsito entre centros poblados de gran importancia.

**Locales:** permiten comunicar centros poblados con vías de mayor importancia, reúnen el tránsito proveniente de ramales y subramales.

**Ramales:** conectan centro poblados de menor importancia y llegan a vías principales, recolectan tránsito proveniente de fincas, fundos y sitios aislados.

**Sub-ramales:** acceso a fundos y centros aislados, incorporan al país regiones aisladas totalmente.

**Caminos carreteros:** son vías cortas, conectan caseríos y vecinales.

**Según el terreno:**

**Plano:** presenta pendiente promedio menor al seis por ciento.

**Ondulado:** pendiente entre siete y 13 por ciento.

**Montañoso:** pendiente entre 13 y 40 por ciento.

#### **2.2.4 Pavimento**

Rondón, Reyes en el 2015 define los pavimentos y sus tipos de la siguiente manera: Los pavimentos para carreteras y vías urbanas son estructuras viales multicapa, es decir, están constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados. Estas estructuras son diseñadas para soportar cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales. Así mismo deben diseñarse con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que se imponga en su superficie sobre determinado periodo de tiempo.

#### **2.2.5 Tipos de pavimento**

##### **Pavimento flexible**

Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez,

compuestas por materiales granulares no tratados o ligados, que a su vez se soportan sobre el terreno natural o subrasante. Los esfuerzos que generan las cargas vehiculares se disipan a través de cada una de las capas de la estructura, de tal forma que al llegar a la subrasante, la resistencia mecánica del suelo que la compone debe ser capaz de resistir dicho esfuerzo sin generar deformaciones que permitan el deterioro funcional o estructural de la vía. (Ver figura 11).

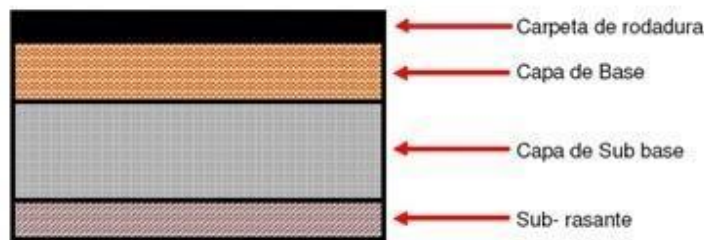


Figura 11: Corte transversal de un pavimento flexible

Fuente: <https://sites.google.com/site/rafaleon4/2-0-marco-teorico/2-2-marco-referencial>

### **Pavimento rígido**

Este tipo de estructura está compuesta generalmente por una capa o losa de concreto hidráulico de 18 a 30 cm de espesor, soportada sobre una capa granular no tratada o estabilizada con cementantes hidráulicos. Debido al valor del módulo elástico elevado del concreto, los esfuerzos inducidos por el tráfico son esencialmente atenuados en flexión por la losa de concreto, y los esfuerzos de compresión se distribuyen en un área amplia y se transmiten al suelo en magnitudes muy pequeñas. (Ver figura 12).

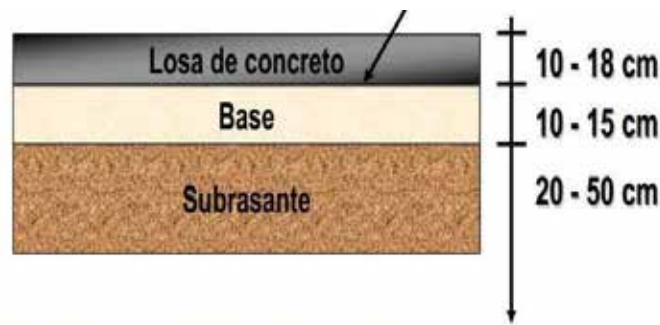


Figura 12: Corte transversal de un pavimento rígido

Fuente: <https://es.slideshare.net/nievesiita/pavimento-flexible-y-rigido>

### 2.2.6 Fallas en pavimentos

Según define Pereda Cinthia, (2014) se entiende por falla al conjunto de daños que presenta un pavimento y que disminuyen la serviciabilidad y funcionalidad del mismo, frecuentemente estas fallas se presentan debido a un mal diseño o defectos constructivos. Estos deterioros afectan significativamente la capacidad de soportar las solicitaciones para las cuales fue diseñado inicialmente el pavimento. Estas fallas pueden clasificarse en:

**-Fallas funcionales:** se produce una falla en la capacidad funcional del pavimento, es decir, se pierde la función inicial de diseño. Están estrechamente ligadas a la carpeta asfáltica, se pierde la calidad de la superficie de rodadura y no se tiene una adecuada fricción superficial. Se pueden detectar por simple inspección visual.

**-Fallas estructurales:** son fallas graves, ya que involucran al paquete estructural, se originan cuando se produce la falla estructural en una o varias capas del pavimento, lo que ocasiona el rompimiento del mismo

#### **Tipos de falla en pavimentos**

**-Piel de cocodrilo:** son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Se considera un daño estructural importante, inicialmente las grietas se propagan a la superficie como grietas longitudinales paralelas, después de repetidas cargas de tránsito, se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 60cm. (Ver figura 13).



Figura 13: Falla tipo piel de cocodrilo con nivel de severidad alto.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

**-Grietas de contracción:** son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares, los cuales pueden variar en tamaño de 0.30 mm x 0.30 mm a 3.0 mm x 3.0 mm. Se originan principalmente por contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo/deformación unitaria). No están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. (Ver figura 14).



Figura 14: Falla tipo grieta de contracción.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010)

**-Elevaciones:** son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento, causados por: levantamiento o combadura de losas de concreto, expansión por congelación, infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas de tránsito. (Ver figura 15).



Figura 15: Falla tipo elevación, nivel de severidad alto

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Corrugación:** es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0m, son perpendiculares a la dirección del tránsito y usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. (Ver figura 16).



Figura 16: Falla tipo corrugación, nivel de severidad alto.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Depresiones:** áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. Son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta en las capas superiores del pavimento. (Ver figura 17).



Figura 17: Falla tipo depresión, nivel de severidad alto.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Grietas de borde:** son paralelas al eje de la vía y, generalmente, están a una distancia entre 0,30m y 0,60 m del borde exterior del pavimento. Se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próxima al borde del pavimento, o por falta de soporte lateral o inclusive por terraplenes contruidos con materiales expansivos, puede llegar a producir pérdida del material por disgregación. (Ver figura 18).



Figura 18: Falla tipo grieta de borde, nivel de severidad medio.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Desnivel calzada-hombrillo:** se produce por la erosión o asentamiento del hombrillo o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin elevar el nivel del hombrillo. (Ver figura 19).



Figura 19: Falla tipo desnivel calzada hombrillo, nivel de severidad medio.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010)

-**Grietas longitudinales:** son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción, puede ser causada por una junta de canal del pavimento, pobremente construida, por contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o el agrietamiento bajo la capa de base. (Ver figura 20).



Figura 20: Falla tipo grietas longitudinales, nivel severidad medio.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Grietas transversales:** se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. (Ver figura 21).

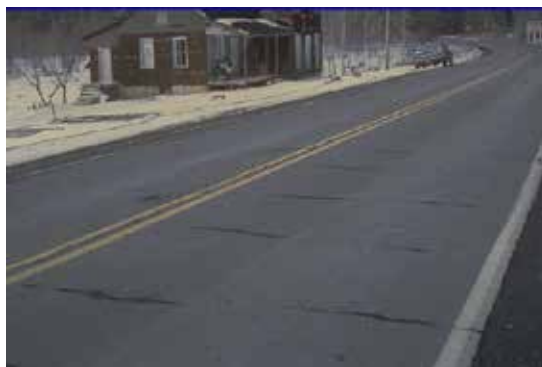


Figura 21: Falla tipo grieta transversal, por efecto de bajas temperaturas.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Grietas de reflexión de juntas de losas de concreto:** son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. No está relacionado con las cargas, sin embargo, las cargas pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. (Ver figura 22).



Figura 22: Falla tipo grietas de reflexión de juntas de losas de concreto, nivel de severidad alto.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Bache:** área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente, se considera un defecto sin importar que tan bien se comporte. (Ver figura 23).



Figura 23: Bache moderadamente deteriorado

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

-**Agregados pulidos:** causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con los neumáticos se reduce considerablemente. (Ver figura 24).



Figura 24: Agregado pulido

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

**-Huecos:** son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0,90m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo, se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o por una condición de piel de cocodrilo de alta severidad. (Ver figura 25 y 26).

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Figura 25: Niveles de severidad de huecos

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).



Figura 26: Falla tipo hueco, nivel de severidad alto.  
Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

**-Ahuellamientos:** es una depresión en la superficie bajo las huellas de los neumáticos. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento. Se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga de tránsito. (Ver figura 27).



Figura 27: Falla tipo ahuellamiento.  
Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

**-Deformaciones por empuje:** es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas de tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie, normalmente ocurre en mezclas de asfalto líquido inestable. También ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland y la longitud de este último se incrementa, causa el desplazamiento. (Ver figura 28).



Figura 28: Falla tipo deformaciones por empuje.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

**-Disgregación y desintegración:** pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregados. (Ver figura 29).



Figura 29: Disgregación y desintegración

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

**-Exudación:** presencia de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. (Ver figura 30).



Figura 30: Exudación, nivel de severidad alto.

Fuente: Evaluación de pavimentos, Corredor G (2010).

### **2.2.7 Evaluación de los pavimentos:**

Consiste en un informe, que presenta el estado en que se encuentra la superficie del mismo, con el fin de poder adoptar las medidas de reparación y mantenimiento adecuadas, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de mucha importancia elegir y llevar a cabo una evaluación que sea objetiva y acorde con el entorno en el que se ubica.

#### **Importancia de la evaluación de pavimentos**

La evaluación de pavimentos permite conocer oportunamente los deterioros presentes en la superficie, y de esta forma se pueden realizar las correcciones. Con la realización de una evaluación periódica será posible optimizar los costos de rehabilitación, ya que, si el deterioro se detecta a tiempo se prolonga la vida útil del pavimento, evitando mayores gastos.

#### **Objetividad en la evaluación de pavimentos**

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capaces para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que escoja un modelo de evaluación estandarizado.

### **2.2.8 Índice de condición de pavimento PCI o ASTM D 6443-99**

El método de evaluación PCI para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como la Federal Aviation Administration (FAA 1982) y la American Public Work Association (APWA 1984). Además, el PCI para aeropuertos ha sido publicado por la ASTM como método de análisis (ASTM 1983). Este índice sirve para representar degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón. Pereda Cinthia (2014).

### **2.2.9 AASHTO**

“American Association of State Highway and Transportation Officials” es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos

### **2.2.10 Tránsito:**

El tráfico es uno de los factores de mayor incidencia en las características de una vía, condiciona los diseños geométricos, la estructura del pavimento y las etapas de mantenimiento. Consiste en determinar el volumen y composición de vehículos que transitan por una determinada vía, mediante la utilización de métodos de conteo vehicular.

La unidad de medida en el tránsito de una carretera es el volumen del tránsito promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA y se determina a partir de observaciones puntuales del tránsito y de los factores de variación. (Ver figura 31).



Figura 31: Tránsito.

Fuente: [https://www.hispanatolia.com/seccion/2/id\\_cat.2/id.25063/estambul-es-la-15a-ciudad-con-peor-traffic-del-mundo](https://www.hispanatolia.com/seccion/2/id_cat.2/id.25063/estambul-es-la-15a-ciudad-con-peor-traffic-del-mundo)

#### **Volumen de Tránsito:**

Es el número de vehículos que pasa por una sección de vía durante un periodo de tiempo específico. Este puede expresarse en Veh/año, Veh/mes, Veh/día y Veh/min. René Alexander Rodríguez González, (2011).

#### **Demanda de Tránsito:**

Es el número de vehículos que desea pasar por una sección de vía durante un periodo de tiempo específico.

#### **Promedio Diario de Tránsito (PDT):**

Es el promedio de volúmenes diarios de tránsito que pasa por una sección de vía durante un año o 365 días. Normalmente se expresa en vehículos por días para ambos sentidos de circulación.

### **Características del tránsito**

Este aspecto es fundamental debido a que el tránsito vehicular afecta la estructura de la carretera y por consiguiente al pavimento. Aspectos como el número de vehículos que pasarán por la carretera, sus características físicas y operativas, su peso neto, el peso según los ejes de los vehículos, incluso la presión usada en sus neumáticos, tienen enorme responsabilidad sobre el tipo de estructura de pavimento y las características geométricas para así lograr una eficiencia vial.

#### **2.2.11 Cuneta:**

De igual manera Rodríguez González (2011) define las cunetas como canales abiertos que proveen de uno o ambos lados de la calzada según la sección tenga una exigencia por parte del sistema de drenaje superficial. (Ver figura 32).



Figura 32: cuneta

Fuente: <https://blog.structuralia.com/mantenimiento-de-los-elementos-de-desague-y-de-drenaje-en-carreteras>

**2.2.12 Sección de una vía:** la sección de una vía es normal al eje de la misma y muestra las dimensiones y características de los elementos que se mantienen constantes en un tramo específico de ella. (Ver figura 34).

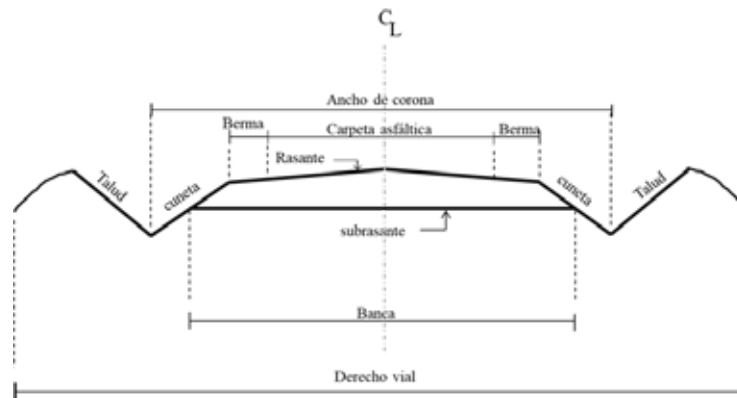


Figura 33: sección de una vía

### 2.2.13 Cargas vehiculares:

Según expresa González Librada, (2012). Las cargas vehiculares son un parámetro que permite convertir el tránsito real en aplicaciones equivalentes del eje de referencia para el diseño de un pavimento asfáltico. (Ver figura 33).

#### Cálculo de carga vehicular

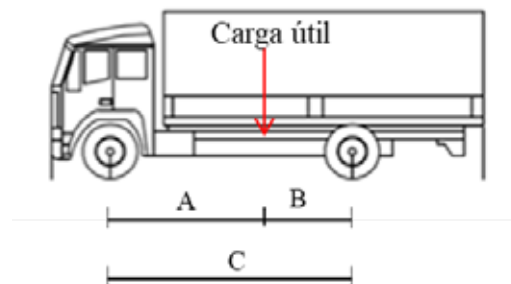


Figura 34: Carga útil vehicular

**Carga útil sobre eje trasero**

—

**Carga útil sobre eje delantero**

—

**Peso total sobre eje posterior**

**Peso total sobre eje delantero**

#### **2.2.14 Clasificación de los Suelos.**

Los diferentes tipos o clasificaciones de los suelos, juegan un papel vital para el desarrollo de cualquier actividad, por sobre todo, el tema que se va a desarrollar en dicha investigación; Teniendo en cuenta las principales características del suelo. Por ese motivo, vamos a abordar todo sobre los tipos de suelos con sus características y la importancia para la sustentabilidad. Recordando que el suelo es la parte superficial terrestre activa, varía, multiforme y un recurso natural que se origina por los residuos de sólidos de los seres vivos, alteraciones físicas y químicas de las rocas o por otros procesos naturales.

**Clima o Zonal:** Tiene en cuenta los factores climáticos, biológicos, vegetación y características de la zona bioclimática.

**Genética:** Tiene en cuenta la génesis del suelo y otros criterios o variables

**Por perfil del suelo:** Siendo la más utilizada y dividiéndose en zona climática y cada una de ella el grado de evolución como los tres principales modelos:

-Podzol: Para climas fríos y húmedos.

-Chernozem: Climas húmedos con veranos cálidos.

-Latool o suelo laterítico: Muy común en climas cálidos o húmedos como Venezuela y Brasil.

#### **Tipos de Suelos**

**Los tipos de suelos son según su estructura:**

**Suelos arenosos:** no apto para la agricultura, poca materia orgánica y no absorben el agua.

**Suelos Calizos:** en zonas secas o áridas no son apto para la agricultura, muchas sales calcáreas y de color blanco o pardo.

**Suelos Humíferos:** con gran materia orgánica, color oscuro, retienen el agua y buenos para el cultivo.

**Suelos Arcillosos:** absorben el agua formando charcos, con humus son buenos para el cultivo y con granos finos amarillentos.

**Suelos Pedregosos:** no son aptos para el cultivo, no retienen el agua y están formados con rocas diversas de tamaño.

**Suelos Mixtos:** poseen características entre los arenosos y arcillosos mezclados.

**Según sus características físicas:**

**Litsoles:** delgado o leptosoles, sostiene una vegetación baja, espesos menor a 10 cm, surgen en escarpas y afloramientos rocosos.

**Cambisoles:** son jóvenes con acumulación de arcilla y dividiéndose en crómicos, gleycos, eutricos y vértigos.

**Luvisoles:** acumulación de arcilla superior al 50% de saturación.

**Gleysoles:** agua semipermanente y fluctuaciones de nivel freático en 50 cm

**Fluvisoles:** rico en calcio, jóvenes y formados por depósitos fluviales.

**Rendzina:** rico en materia orgánica y con 50 cm de profundidad.

**Vertisoles:** en superficies de poca pendiente o escurrimientos superficiales, arcillosos, color negro y con procesos de contracción-expansión.

### **2.2.15 Importancia de los Tipos de Suelos.**

Definitivamente, la importancia de los tipos de suelo radica en sus beneficios como el sustento de la vida en la tierra, funciones ecológicas esenciales, hábitat para diversidad de especies, regulación del ciclo hidrológico o del clima, cultivos agrícolas, satisfacer necesidades básicas, reciclado biogeoquímico, la construcción vial como fuerte en esta investigación y muchos otros servicios que se deben tomar en cuenta para garantizar un equilibrio con la sociedad y la naturaleza.

Finalmente, la conciencia ante la contaminación y degradación de los suelos es necesaria para prevenir los efectos que debilitan la calidad de vida y poner en prácticas medidas para la conservación de la capa superficial terrestre en todas sus presentaciones.

### **2.2.16 Clasificación visual.**

Antes de que se apruebe cualquier diseño de construcción, los ingenieros geotécnicos toman muestras de, examinan visualmente y analizan materiales de suelo

y roca para determinar la composición y la idoneidad para el uso propuesto, así como las propiedades de ingeniería que incluyen:

Encogimiento/Oleaje

Permeabilidad

Consolidación

Esquileo

Están observando el tamaño del grano, la estructura y la composición de los materiales que van desde la arcilla blanda hasta la roca intacta, y todos los demás suelos en el medio. Con otras pruebas de campo y laboratorio, se determinará la capacidad del suelo para soportar cargas estructurales de cimientos o de pavimentación. Un buen recurso para usar durante una inspección visual o pruebas de campo es un Indicador geotécnico (Ver figura 35) que es conveniente llevar y contiene información sobre:

Suelos de grano grueso

Suelos de grano fino

Limos Y Arcillas

Suelos altamente orgánicos

Grava y suelos gravosos

Arena y suelos arenosos



Figura 35: Calibrador geotécnico

Fuente: <http://www.cqgeoequip.com/pile-tester/pile-caliper-and-inclination-equipment/geotechnical-pile-caliper-and-inclination.html>

### **2.2.17 Clasificaciones de suelos de laboratorio.**

Con la prueba adicional, la fuerza, el tamaño de partícula y la composición del suelo, cómo responde a la humedad y su plasticidad, así como el contenido orgánico, se examinan todos. Lo más importante, la prueba determinará si las condiciones de la superficie cumplen con todos los requisitos para la construcción propuesta.

Existen varios sistemas diferentes de la clasificación de suelos, pero en el presente trabajo nos estamos familiarizando con el Sistema AASHTO M-15 (Asociación Americana de autoridades estatales de carreteras y transporte), especificación estándar para la clasificación de suelos y mezclas de suelo y áridos para propósitos de construcción de carreteras utiliza prácticas similares a los métodos de ASTM.

Las clasificaciones de suelo AASHTO abarcan siete grupos básicos de suelo desde a-1 hasta a-7

a-1 a-3 siendo arenas y gravas

a-4 a-7 siendo limo y arcillas

a-8, siendo un grupo adicional, se define como turba inutilizable.

Este Sistema de AASHTO compara las clasificaciones de tamaño de grano de diferentes métodos Tamaños del tamiz de ASTM E11. Comparativamente, ASTM clasifica los materiales de tierra utilizados en la construcción de carreteras en siete grupos también, a través de la determinación de laboratorio de “distribución de tamaño de partícula, límite de líquido e índice de plasticidad.” La información adicional sobre los siete grupos está disponible dentro de la norma ASTM D-3282-15 mencionada anteriormente.

Con el Sistema AASHTO en laboratorio, se puede llegar a determinar el contenido de humedad, el tamaño de las partículas, el índice de plasticidad y otras propiedades que pueden variar ampliamente junto a los tipos de suelo y afectar directamente a las características tales como capacidad de rodamiento, estabilidad y drenaje que son aspectos muy importantes a la hora de la construcción vial.

### **2.2.18 Defectos de Construcción:**

Este es uno de los factores, que inciden en el deterioro de las condiciones óptimas de las vías, se debe principalmente a una falta de control de calidad, incumplimiento de especificaciones técnicas, uso de materiales que no cumplen las normas y una mala fiscalización o supervisión de las obras. Lo cual da como resultado, obras, por debajo de los estándares de calidad, que obviamente conllevan a una mala calidad de la misma y a un pronto deterioro que no cumplirá con los años de diseño.

### **2.2.19 Defectos de Diseño Vial:**

Este otro factor, influye principalmente en países que poseen vías en desarrollo, en los cuales se observan muchos el subdimensionamiento en las obras de vialidad, dejando así la vía en ciertos aspectos muy expuesta causando también un deterioro temprano, debido que no estaría diseñada para soportar las cargas reales del proyecto, y por otro lado están los sobredimensionamientos que generan gastos exagerados a las entidades nacionales competentes. González Librada, (2012)

### **2.2.20 Pendiente o inclinación vial.**

La pendiente o inclinación vial, corresponde al grado y/o porcentaje entre las diferencias de cotas de un tramo en estudio. Magnitud que indica la inclinación de la superficie de una carretera con relación a la horizontal. Denominando “A” al valor del ángulo que forman el plano de la carretera y el horizontal, es:  $\text{pendiente} = \text{Tg}A$ . En las señalizaciones se suele indicar la pendiente como un porcentaje que expresa el desnivel en metros que existe en un tramo de carretera cuya proyección sobre la horizontal es de 100 m. Dicho valor corresponde a la tangente trigonométrica del ángulo que forman el plano de la carretera y el plano horizontal. (Ver figura 36).

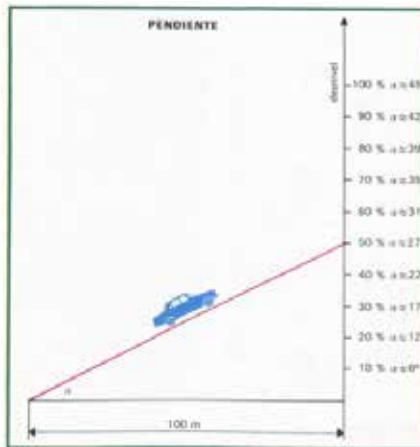


Figura 36: Diagrama de relación inclinación-porcentaje de una vía

Fuente: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/pendiente-definicion-significado/gmx-niv15-con195094.htm>

El porcentaje de inclinación o valor en grados es muy importante, ya que a la hora del diseño de carretas, este es uno de los aspectos a tomar en cuenta cuando se desea empezar una construcción vial.

El hecho de que se simboliza en porcentaje es una forma de expresar la relación entre la altura que salvamos cuando ascendemos por la carretera y la distancia que nos desplazamos horizontalmente. Matemáticamente es la relación, es la tangente del ángulo que forma la carretera con la horizontal. Así, una pendiente del 10% significa que salvamos 10 metros de desnivel en 100 metros de avance horizontal. (Ver figura 37).

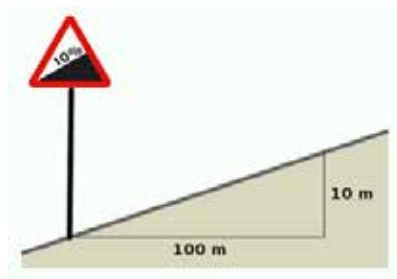


Figura 37: señalización y relación porcentaje-metros de pendiente de una vía

Fuente:

[http://geogebra.es/gauss/materiales\\_didacticos/eso/actividades/geometria/trigonometria/pendiente\\_carretera/actividad.html#:~:te  
xt=Es%20una%20forma%20de%20expresar,la%20carretera%20con%20la%20horizontal.](http://geogebra.es/gauss/materiales_didacticos/eso/actividades/geometria/trigonometria/pendiente_carretera/actividad.html#:~:text=Es%20una%20forma%20de%20expresar,la%20carretera%20con%20la%20horizontal.)

**2.2.21 C.B.R( California Bearing Ratio ASTM D 1883-73):** Relación de carga o valor de soporte California. Es un índice de la resistencia del suelo al corte, bajo condiciones de humedad y densidad controladas. Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub-bases y bases granulares. Debe cumplirse que el material tenga una granulometría que contenga solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda el 20 por ciento. (Ver figura 38).

C.B.R	Clasificación general	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy pobre	Sub rasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3-7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Sub base	OL,CL,ML,SC,S,M,SP	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Sub base y base	GM,GC,SW,SM,SP,GP	A-1b,A2-5,A-3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW,GM	A-1a,A2-4,A-3

Figura 38: Valores referenciales de CBR, usos y suelos

Fuente: Fernández A. Pavimentos.

**Cálculo del CBR:** se toma en comparación el valor de la carga unitaria que soporta la piedra triturada. La resistencia a la penetración que presenta la piedra triturada (figura 39) se toma como base o carga patrón de comparación.

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>	psi
2,54	0,10	6,90	70,00	1000,00
5,08	0,20	10,30	105,00	1500,00
7,52	0,30	14,10	144,00	1900,00
10,16	0,40	15,80	162,00	2300,00
12,70	0,50	17,90	183,00	2600,00

Figura 39: Resistencia a la penetración que presenta la piedra triturada

Fuente: Fernández A. Pavimentos

### 2.3 Bases legales

Las bases legales relacionadas con el presente trabajo se fundamentan en criterios que establece la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, donde

contiene la ley principal y fundamental del país, cuyo marco de beneficio son los actos legales y de esta forma se generan las instituciones, deberes y derechos fundamentales.

Por lo cual, el Artículo 109 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, resulta primordial para el desarrollo de la investigación, dado que establece que:

El Estado reconocerá la autonomía universitaria como principio y jerarquía que permite a los profesores, profesoras, estudiantes, egresados y egresadas de su comunidad dedicarse a la búsqueda del conocimiento a través de la investigación científica, humanística y tecnológica, para beneficio espiritual y material de la Nación. Las universidades autónomas se darán sus normas de gobierno, funcionamiento y la administración eficiente de su patrimonio bajo el control y vigilancia que a tales efectos establezca la ley. Se consagra la autonomía universitaria para planificar, organizar, elaborar y actualizar los programas de investigación, docencia y extensión. Se establece la inviolabilidad del recinto universitario. Las universidades nacionales experimentales alcanzarán su autonomía de conformidad con la ley

También, el Artículo 164 de dicha constitución, en su numeral 9 y 10 establece que: “9. La ejecución, conservación, administración y aprovechamiento de las vías terrestres estatales. 10. La conservación, administración y aprovechamiento de carreteras y autopistas nacionales, así como de puertos y aeropuertos de uso comercial, en coordinación con el Ejecutivo Nacional.” Lo cual corresponde al objetivo principal de esta investigación y por lo tanto está directamente relacionado con este tema.

Por su parte, la Ley de Transporte Terrestre, en su artículo 7 establece que:

Es de la competencia del Poder Público Municipal, en materia de transporte terrestre, la prestación del servicio de transporte terrestre público urbano y el establecimiento de zonas terminales y recorridos urbanos, para el transporte suburbano e interurbano de pasajeros y pasajeras con origen y destino dentro de los límites de su jurisdicción, bajo las normas de carácter nacional aplicables, así como las condiciones de operación de los servicios de transporte terrestre público y privado en el ámbito de su jurisdicción; la ingeniería de tránsito para: la ordenación de la circulación de vehículos y personas de acuerdo con las normas de carácter nacional; las autorizaciones o permisos de vehículos a tracción de sangre; la construcción y mantenimiento de la vialidad urbana; los servicios conexos; el destino de las multas impuestas de conformidad con lo previsto en esta Ley; el control y fiscalización de tránsito, según la normativa de carácter nacional y las

demás que por su naturaleza le sean atribuidas. Cualquier restricción de circulación que los municipios deseen aplicar debe ser evaluada y aprobada por el ministerio del Poder popular con competencia en materia de transporte terrestre.

Dicho artículo, hace referencia a la competencia del Poder Público Municipal, respecto a la construcción y mantenimiento de la vialidad urbana, lo cual es el tema central de la presente.

Así mismo, las normas COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), la cual representa la certificación y normalización del control de calidad de todo lo correspondiente a la construcción a nivel de ingeniería, específicamente a las relacionadas con esta investigación: COVENIN 2000-1987, Carreteras. Parte 1, Capítulo 13; el cual comprende la parte de pavimento de concreto, compuesto por cemento portland, agregado grueso y fino, agua, con o sin refuerzo metálico. Interviniendo directamente todas las especificaciones con el tema que se va a tratar en esta investigación.

En ese mismo contexto, el reglamento de la Ley de Transporte Terrestre establece en su artículo 24° que:

Los vehículos de tracción humana cuyo conductor no es transportado por el vehículo para poder circular deberán estar equipados en la siguiente forma: 1. Las llantas de las ruedas deberán estar construidas por un material que no cause deterioro a las vías. En caso de ser de hierro, acero u otro material duro semejante, regirán las mismas disposiciones que para vehículos de tracción animal.

Esto resulta importante de estudiar dentro la presente investigación, puesto que está directamente relacionado con el objetivo de la misma

## **2.4 Conceptos Básicos**

**Sub-rasante:** Es la superficie que sirve de fundación al pavimento. Está constituida por el suelo y se puede presentar en corte, lleno o una combinación de los dos.

**Sub-base:** Es la primera capa de la estructura del pavimento que se dispone sobre la subrasante, con el fin de facilitar un buen drenaje en el pavimento y permitir la construcción del resto de la estructura. En esta capa se presenta una disipación parcial

de esfuerzos. Tiene capacidad de absorber algunos cambios de volumen de la subrasante y puede sustituir económicamente parte de la base.

**Base:** Es la capa que se construye sobre la sub-base, y en su construcción se emplean materiales de mejor calidad y con mejores especificaciones de construcción. Su importancia radica en su capacidad estructural y de protección del resto de pavimento. Además permite la circulación de vehículos mientras se construye la capa de rodadura. Esta capa es indispensable para cualquier sistema de pavimentos, ya que en ella se presenta la mayor disipación de esfuerzos.

**Carpeta asfáltica:** capa de material pétreo, cementado con asfalto, es la capa superior del pavimento y sobre ella circulan los vehículos durante la vida útil de esta. Tiene la función de proteger la estructura, impermeabilizando la superficie del pavimento, debe ser suave y de superficie continua para que sea cómoda la circulación de vehículos sobre ella, con la rugosidad adecuada para garantizar la adherencia de los vehículos.

**Eje:** un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje

**Carriles:** faja de calzada de ancho suficiente para la circulación de vehículos en fila.

**Talud:** superficie lateral inclinada, comprendida entre la cuneta y el terreno natural.

**Ancho de corona:** distancia horizontal medida entre los ejes de la cuneta de corte y entre las aristas superiores de los taludes.

**Berma:** áreas de la carretera, contiguas y paralelas a la carpeta, que sirven de confinamiento a la capa de base y de zona de estacionamiento accidental de vehículos

**Banca:** distancia horizontal medida perpendicular al eje, entre orígenes de los taludes.

**Derecho vial:** franja de terreno en la cual se ubican todos los elementos que constituyen la infraestructura de las carreteras, autopistas y puentes, puede alojar instalaciones complementarias tales como líneas eléctricas y telefónicas.

**Ch aflán:** indica hasta dónde se extiende lateralmente el movimiento de tierras por causa de cortes o terraplenes.

**Terraplén:** tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para la vía.

**Asfalto:** el asfalto es una mezcla sólida y compacta de hidrocarburos y de minerales.

**Agregado:** material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria, o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

**Escarificación:** consiste en la disgregación de la superficie del terreno, en las zonas y con las profundidades estipuladas en el proyecto, en ningún caso debe superar los 30cm, de ser el caso sería preceptiva la retirada del material. Debe tomarse en cuenta las zonas en las que la operación pueda interferir con obras subyacentes de drenaje o refuerzo del terreno.

**Hombrillo:** franja longitudinal afirmada contigua de la calzada, no destinada al uso de vehículos automóviles, más que en circunstancias excepcionales.

**Drenaje:** es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población. En el caso de los pavimentos se debe prestar especial atención al drenaje tanto superficial como subterráneo. El agua superficial debe ser evacuada a través de cunetas y desagües pluviales. Con respecto al drenaje subterráneo hay que tomar precauciones necesarias para que el nivel se encuentre suficientemente alejado del pavimento.

**Peralte:** pendiente transversal que se da en las curvas a una carretera, con el fin de compensar, con una componente de su propio peso, la inercia del vehículo que lo empuje hacia el exterior de la curva.

**Vida útil:** periodo, usualmente fijado por el fabricante o constructor, durante el cual se supone que la edificación o sus componentes se van a utilizar según los documentos del proyecto, cumpliéndose un mantenimiento previamente especificado, sin ser necesaria ninguna reparación sustancial. Transcurrido este tiempo de uso se debe evaluar si es necesario su reemplazo.

**Socavación:** es la excavación profunda causada por el agua, uno de los tipos de erosión hídrica.

**Señalización:** mantiene informado al conductor del vehículo acerca de las características de la vía por la que circula y del entorno por el que ésta discurre. Debe advertir de la existencia de peligros potenciales.

**Rehabilitación:** ejecución de las actividades constructivas necesarias para restablecer las condiciones físicas de la carretera a su situación como fue construida originalmente.

**Juntas en pavimentos rígidos:** las juntas son fundamentales en el desarrollo de los pavimentos rígidos ya que controlan la fisuración debido a los esfuerzos generados en las losas. Las juntas se diferencian según la función en el pavimento, existen juntas de contracción tanto longitudinales como transversales, juntas de construcción y de expansión.

**Transferencia de carga en juntas transversales:** capacidad de una losa de transferir una parte de su carga a la losa vecina.

**Calzada:** parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos en circunstancias ordinarias.

**Carretera:** vía de dominio y uso público proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles.

**Confluencia:** zona en la que dos calzadas convergen en una, sin establecer prioridades entre ellas.

**Eje de la carretera:** línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

**Rasante:** línea de una vía considerada en su inclinación o paralelismo respecto del plano horizontal.

**Ahuellamiento:** surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

**Asentamiento:** desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

**Bacheo:** actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

**Capacidad de carga del terreno:** es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.

**Cota:** altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

**Ladera:** terreno de mediana o fuerte inclinación donde se asienta la carretera.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación en el que se basa el desarrollo del presente trabajo de grado es la modalidad de proyecto factible. Según define Dubs (2002), el proyecto factible como un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener una institución o grupo social en un momento determinado. Es decir la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema o necesidad previamente detectada en el medio.

#### **3.2 Diseño de la Investigación**

Según lo define Fidias G. Arias (2012). El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en documental, de campo y experimental.

Por su parte, la investigación documental, según Meza (2015), constituye una estrategia donde se observa y reflexiona sistemáticamente sobre realidades (teóricas o no) usando para ello diferentes tipos de documentos. Indaga, interpreta, presenta datos e informaciones sobre un tema determinado de cualquier ciencia, utilizando para ellos, una metódica de análisis; teniendo como finalidad obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica.

Según Tamayo y Tamayo (2002) la investigación bibliográfica es cuando recurrimos a la utilización de datos secundarios, es decir, aquellos que han sido obtenidos por otros y nos llegan elaborados y procesados de acuerdo con los fines de quienes inicialmente los elaboran y manejan. Con base en lo antes expuesto, se define que el presente trabajo de grado se centra en una investigación documental y

bibliográfica, en la cual a través del uso de técnicas de recolección de datos, se obtiene información de los estudiantes para determinar las deficiencias en los conocimientos correspondientes al proceso de diseño de pavimentos rígidos y flexibles y el mantenimiento correctivo y preventivo del mismo, esto servirá de base para la creación de la Guía de cálculo de pavimentos rígidos y flexibles, según métodos nacionales e internacionales.

### **3.3 Nivel de la investigación**

El nivel de la investigación, se refiere a la profundidad con que se aborda el objetivo fenómeno. De acuerdo a las características del presente proyecto, este está ubicado en el nivel descriptivo, según el autor Fidias G. Arias (2012), la investigación descriptiva la define como “La caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

Por consecuencia, el presente trabajo comprenderá datos obtenidos por los estudiantes que estén cursando o hayan aprobado la asignatura de Construcciones Viales, en la cual se analizaran las dificultades o dudas para con el aprendizaje práctico del diseño de pavimentos. Con los datos se establecerá una Guía de Cálculo para el Diseño de Pavimentos Rígidos y Flexible, Según Métodos Nacionales e Internacionales.

### **3.4 Población y muestra**

#### **Población**

Según Tamayo y Tamayo (2002) la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación. Siendo así, la población de la presente investigación está constituida por los estudiantes de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

## **Muestra**

El autor recientemente mencionado, expresa que la muestra se considera representativa de la población, es decir que refleja las características que definen la población de la cual fue extraída. Para el presente trabajo de investigación se tomará como muestra a los estudiantes estén cursando y los que hayan aprobado la materia de Construcciones Viales.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Las definiciones incluidas en este punto de la investigación, de técnicas e instrumentos de recolección de datos se obtienen de lo expresado por Fideas G. Arias (2012). En caso de referirse a otro autor se indicará el mismo.

#### **Técnicas**

Según Gónima (2012) la revisión documental a través de cartas, informes, libros, manuscritos, permite conocer el desarrollo y características de los procesos de ciertos fenómenos, situaciones y temas. Mientras que la revisión bibliográfica tiene como objetivo recopilar información ya existente sobre un tema haciendo uso de diversas fuentes, cómo revistas, artículos científicos, libros y otros trabajos académicos, permite obtener una visión sobre el estado del problema en la actualidad.

Ambas técnicas mencionadas resultan de gran importancia para la presente investigación pues son la base de la información que se desarrolla en la misma, como se evidencia en capítulos anteriores se hace uso de trabajos de grado, libros y documentos virtuales, para crear una base de definiciones que nos permiten profundizar en el tema del cálculo y mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Por su parte, la entrevista según Tamayo y Tamayo (2002), son preguntas en forma oral que hace el investigador a un sujeto para obtener información, las cuales anota el investigador.

Sin embargo, a los efectos de la presente investigación como consecuencia de la situación que se vive a nivel mundial desde el inicio del año 2020, la entrevista se realizó de manera virtual, por medio de un cuestionario estructurado para tal fin.

Así mismo, como técnica de análisis de los datos recopilados durante el desarrollo de la investigación se hará uso de una herramienta que expresa las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, llamada matriz FODA que permitirá tomar decisiones estratégicas para mejorar la situación actual por medio de la guía que se implementará, adicional a esto, para un análisis cuantitativo de los datos se hará uso de diagramas de pastel. Por otra parte, la planificación de actividades de la investigación se hace a través de un diagrama de Gantt.

### **Instrumentos**

“Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.”

Los cuestionarios, que según Fidias son una modalidad de encuesta que se realiza de forma escrita mediante un instrumento o formato en papel contentivo de una serie de preguntas. Se le denomina cuestionario autoadministrado porque debe ser llenado por el encuestado, sin intervención del encuestador.

En la presente investigación se hará uso de cuestionarios, con el fin de recopilar datos cuantitativos y procesables, referentes a las debilidades y fortalezas de los encuestados con respecto al tema en estudio, que servirán como base para la elaboración del contenido de la guía.

Para realizar las entrevistas se hará uso de la entrevista estructurada, que según Arias (2012), es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede

servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video.

De igual manera se hace uso de una lista de cotejo para la aplicación de la encuesta, siendo este según Gonzales (S/F), un listado de aspectos a evaluar cómo contenidos, capacidades, habilidades y conductas, al lado de los cuales se puede calificar cada uno de esos aspectos, la lista de cotejo permitirá evaluar cualitativa o cuantitativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Así mismo, la ficha bibliográfica, según Alazraki (2007) corresponde a un documento breve que contiene la información clave de un texto utilizado en una investigación. Puede referirse a un artículo, libro o capítulos de este. Al igual que los antes mencionados resulta de utilidad para la presente investigación, para la recolección de información para desarrollarla.

### **3.6 Fases Metodológicas.**

Esta investigación se desarrollará básicamente en tres fases, que consisten en:

#### **FASE I “Diagnóstico de los conocimientos que poseen los alumnos cursantes de la cátedra de Construcciones Viales, en cuanto al cálculo de pavimentos”**

Actividades a desarrollar:

- Diseñar un cuestionario dirigido a evaluar de manera cuantificable los conocimientos de los encuestados respecto al tema de diseño de pavimentos.
- Aplicar el cuestionario a los alumnos cursantes de la materia de Construcciones Viales y a los que ya aprobaron dicha asignatura.
- Realizar encuestas a los profesores de la cátedra y de las distintas líneas que involucra la rama de la Vialidad.
- Recopilar información referente a los distintos métodos de diseño de pavimentos, tanto flexibles cómo rígidos.
- Realizar revisiones bibliográficas y documentales de la norma para conocer los parámetros de diseño vigentes en Venezuela y los métodos a nivel internacional.

## **FASE II “Análisis de los métodos de cálculo de pavimentos, tanto nacionales como internacionales”**

Con base en la información recopilada de la revisión documental y bibliográfica, se llevará a cabo las siguientes actividades:

- Identificar los distintos métodos para diseñar la guía práctica.
- Definir el contenido y estructura de la guía
- Precisar los métodos a desarrollar
- Selección de ejercicios prácticos que contendrá la guía.

## **FASE III “Diseño de una guía de cálculo de pavimentos rígidos y flexibles para la cátedra de Construcciones Viales”.**

Una vez estructurado el contenido de la guía, se diseña el formato de la misma:

- Portada.
- Prólogo.
- Introducción.
- Bases teóricas.
- Ejercicios referenciales.
- Explicación detallada de cada uno de los métodos seleccionados.
- Identificación de fallas en el pavimento.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Fase I: diagnóstico de la situación actual**

La aplicación de la siguiente encuesta, entre los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad José Antonio Páez, cursantes del octavo, noveno y décimo semestre seleccionados de forma aleatoria, obteniendo así una muestra variada y precisa; permitió realizar un diagnóstico del nivel de conocimiento, que poseen los mismos, en relación al diseño de pavimentos rígidos y flexibles, con el fin de determinar los puntos que requieren mayor atención durante el desarrollo de la guía de cálculo.

El instrumento está compuesto por doce (11) preguntas, de las cuales, una (1) pregunta es cerrada con respuesta “ya la cursó” o “la está cursando”; siete (7) son preguntas cerradas, con respuesta “sí” o “no”; una (1) pregunta de selección dentro de una escala lineal valorada del 1 al 5 y dos (2) preguntas abiertas.

A continuación se presenta el instrumento utilizado, el cual fue validado por el especialista, Ing. Alicia de Pizzella (ver Anexo A: validación del instrumento, pág. 89)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**ENCUESTA**

La presente encuesta tiene como fin realizar un diagnóstico del dominio que tienen los estudiantes de Ingeniería Civil, respecto al diseño de pavimentos rígidos y flexibles. Por favor responda las siguientes preguntas según considere su dominio de cada una de ellas, sus respuestas solo se usaran para diagnosticar, mas no evaluar o calificar. Marque con una X la opción que considere. Las preguntas de carácter obligatorio estas marcadas con \*.

Las preguntas 10 y 11 los números tienen la siguiente ponderación

- 1 nulo
- 2 básico
- 3 medio
- 4 avanzado
- 5 experto

Dirección de correo electrónico

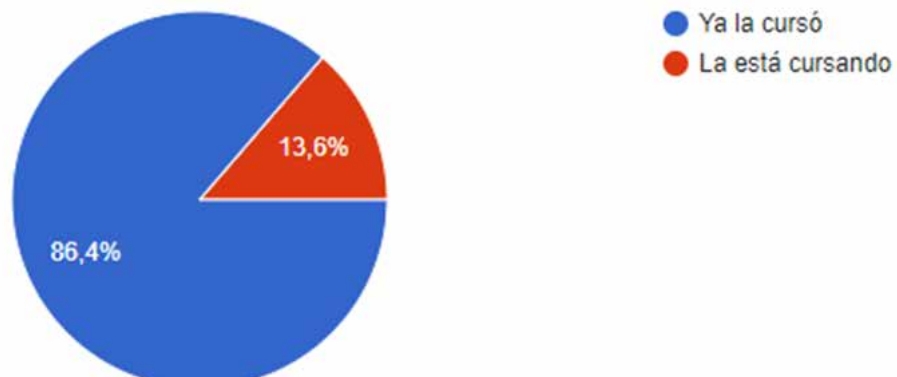
PREGUNTA		Ya la cursó	La está cursando	
	La asignatura de Construcciones Viales, usted:*			
	<b>PREGUNTAS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
2	Conoce los elementos estructurales del pavimento rígido y flexible			
3	¿Conoce la diferencia entre el pavimento rígido y el pavimento flexible?*			
4	Sabe usted que es el California Bearing Ratio (CBR)?*			
5	¿Conoce usted el procedimiento para determinar el tránsito promedio diario anual?*			

6	¿Considera que el deterioro del pavimento puede prevenirse con un diseño efectivo?					
7	¿Conoce otro método de diseño de pavimento rígido o flexible, además de los anteriormente mencionados? Indique cuál*					
8	¿Considera necesario para su formación como Ingeniero conocer nuevos métodos para el diseño de pavimentos?					
9	¿Actualmente los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez cuentan con una guía de ejercicios que facilite la comprensión de los métodos de diseño de pavimentos??					
PREGUNTA		1	2	3	4	5
10	Respecto al MÉTODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO para diseño de pavimento flexible, califique su conocimiento en la siguiente escala, donde					
11	Respecto al MÉTODO DE LA MARINA AMERICANA para diseño de pavimento flexible, califique su conocimiento en la siguiente escala					
PREGUNTA		RESPUESTA				
12	¿Qué tema de la asignatura de construcciones viales considera usted que debería complementarse haciendo uso de una guía de ejercicios?					

Los datos obtenidos fueron procesados mediante gráficos circulares, de tal manera que se pudieran analizar objetiva y detalladamente. A continuación se presentan las respuestas obtenidas:

1. La asignatura Construcciones Viales, usted:

Respuesta: 19 “ya la cursó” y 3 “la está cursando”



Gráfico

**Análisis:** de acuerdo a la encuesta se puede observar que el 86,4 de los encuestados ya curso la materia y el 13,6 está cursando la misma. Por lo que concluye que las 22 personas encuestadas poseen conocimiento de la asignatura Construcciones viales.

2. ¿Conoce los elementos estructurales del pavimento rígido y flexible?

Respuestas: 20 “si” y 2 “no”

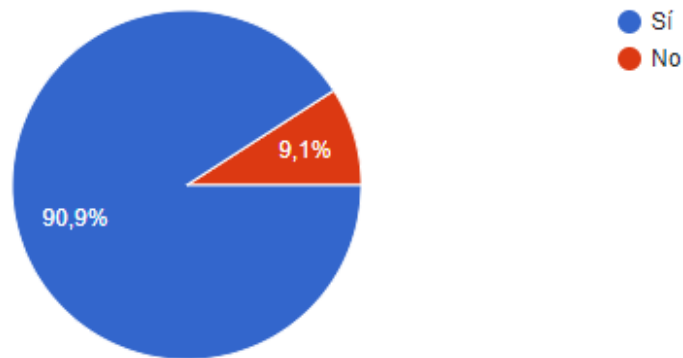


Gráfico 2

**Análisis:** en el Gráfico 2, se puede observar que el 90,9% de la muestra conoce los elementos estructurales que conforman el pavimento rígido y flexible, sin embargo 9,1% no posee el conocimiento, basado en estos resultados puede concluirse que la guía que se está desarrollando debe contener dicha información.

3. ¿Conoce la diferencia entre el pavimento rígido y el pavimento flexible?

Respuesta: 21 “si” y 1 “no”

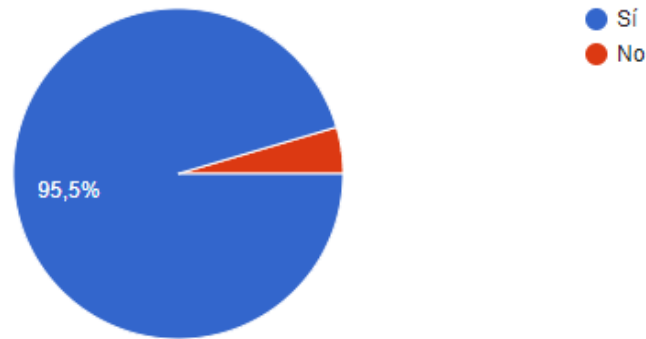


Gráfico 3

**Análisis:** como resultado del gráfico 3, se concluye que la mayoría de los encuestados, un 95,5% reconoce las diferencias entre pavimento rígido y pavimento flexible, por lo que se puede decir que la población en estudio tiene buen dominio del tema.

4. ¿Sabe usted que es el California Bearing Ratio (CBR)?

Respuesta: 15 “sí” y 7 “no”

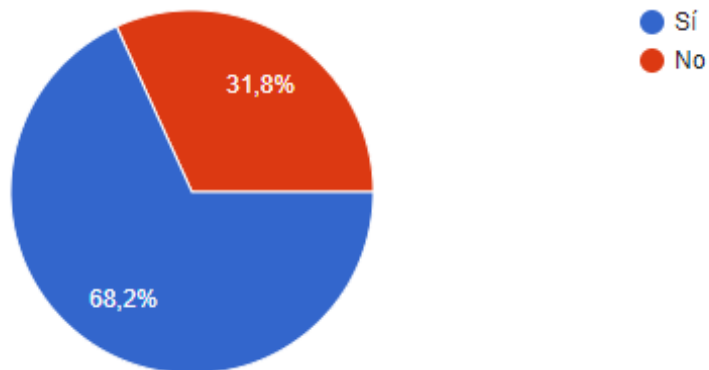


Gráfico 4

**Análisis:** en el gráfico 4 se evidencia que una parte significativa de la muestra, el 31,8%, no posee conocimientos sobre el CBR, que es uno de los factores más importante a la hora del diseño de pavimento, por lo cual el término debe ser explicado con mayor entereza dentro de la guía.

5. ¿Conoce usted el procedimiento para determinar el tránsito promedio diario anual?

Respuesta: 19 “sí” y 3 “no”

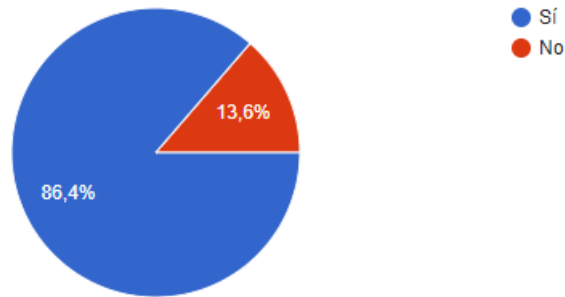


Gráfico 5

**Análisis:** en los resultados obtenidos en el gráfico 5, observamos que la mayoría, el 86,4%, afirma conocer el procedimiento para calcular el promedio diario anual, sin embargo, este es uno de los errores que los estudiantes cometen comúnmente a la hora de la interpretación de datos para el cálculo de pavimentos, por lo que se destaca la importancia de hacer énfasis en este aspecto dentro de la guía.

6. ¿Considera que el deterioro del pavimento puede prevenirse con un diseño efectivo?  
 Respuesta: 15 “sí” y 7 “no”

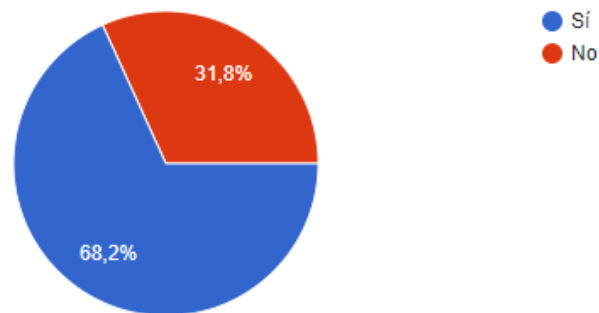


Gráfico 6

**Análisis:** como se puede observar en los resultados del gráfico 6, el 68.2% refleja que con un buen diseño se puede prevenir una falla o deterioro temprano del pavimento, este resultado destaca la importancia de que los estudiantes de ingeniería civil a través de esta guía, comprendan en su totalidad el proceso de diseño de pavimentos y todos los conocimientos básicos requeridos, para lograr un diseño efectivo.

7. Respecto al MÉTODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO para diseño de pavimento flexible, califique su conocimiento en la siguiente escala, donde: 1=Nulo 2=Básico 3= Medio 4=Avanzado 5=Experto

Respuesta: 1 “Nulo”, 3 “Básico”, 14 “Medio”, 4 “Avanzado” y 0 “Experto”

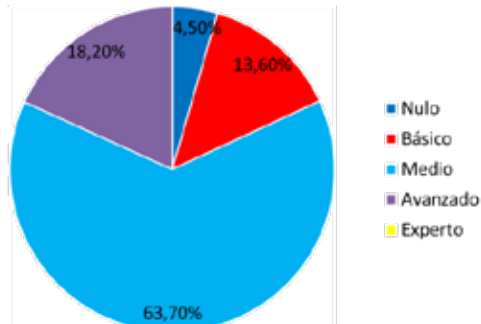


Gráfico 7

**Análisis:** en este punto se refleja cómo los alumnos solo de forma media a nula es que logran manejar el Método del Instituto de Asfalto, gráfica que nos refleja que debe ser reforzado el conocimiento y práctica de este.

8. ¿Conoce otro método de diseño de pavimento rígido o flexible, además de los anteriormente mencionados? Indique cuál

Respuesta: 19 “No conoce otros métodos”, 1 “AASHTO”, 1 “Método español Mopu”, 1 “Método PCA”

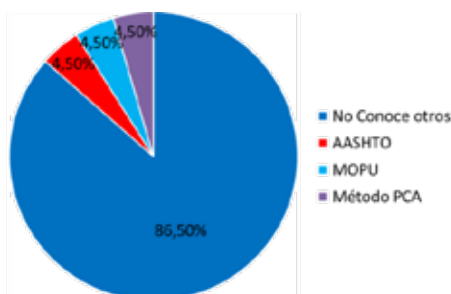


Gráfico 8

**Análisis:** esta gráfica nos indica que aparte de los métodos ya mencionados, solo un 13,50% de la muestra, conoce otro método además de los que se presentan en el contenido de la asignatura Construcciones viales, por lo cual se considera factible la introducción de otros métodos en el desarrollo de la guía.

9. ¿Considera necesario para su formación como Ingeniero conocer nuevos métodos para el diseño de pavimentos?

Respuesta: 22 “sí”, 0 “no”

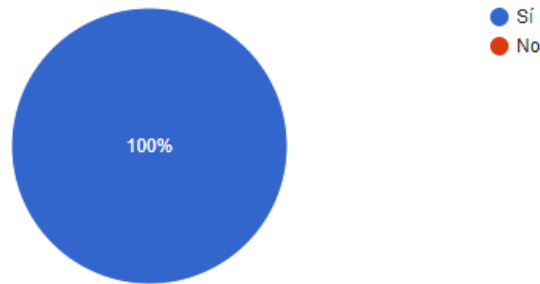


Gráfico 9

**Análisis:** en el gráfico 9 se evidencia que, el 100% de los encuestados están de acuerdo y considera necesario conocer nuevos métodos de diseño de pavimento, lo que resulta en pro de mejorar su preparación académica y por consiguiente su desempeño en el campo laboral.

10. ¿Actualmente los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad José Antonio Páez cuentan con una guía de ejercicios que facilite la comprensión de los métodos de diseño de pavimentos?

Respuesta: 22 “No” y 0 “Si”

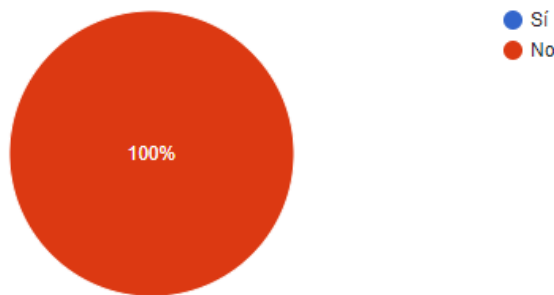


Gráfico 10

**Análisis:** como resultado del gráfico 10, se observa que 100% de los encuestados afirma que no existe algún material, guía o manual, que ayude a los alumnos de ingeniería civil a una mejor comprensión del tema en cuestión. Expresándose así la importancia del desarrollo de esta guía, para garantizar una herramienta a los estudiantes que les permita desenvolverse mejor en lo referente al diseño de pavimentos.

12. ¿Qué tema de la asignatura de construcciones viales considera usted que debería complementarse haciendo uso de una guía de ejercicios?

Respuesta: Esta pregunta no era de carácter obligatorio, se obtuvieron 13 respuestas, presentadas a continuación

1. Cálculo de dragas y excavadoras
2. Diseño de pavimentos
3. Diseño de pavimento
4. Pavimentos y Drenaje
5. Maquinaria
6. De toda la materia se debería hacer una guía de ejercicios porque solo se tienen los que da el profesor y son los del libro
7. Diseño de pavimento
8. Diseño de pavimentos, movimiento de tierra.
9. Diseño de drenajes
10. Diseño altimétrico
11. Corte por triangulación, coordenadas y relleno
12. Pavimentos rígidos y flexibles
13. Diseño de Pavimento

**Análisis:** en las respuestas obtenidas algunos temas se repiten, sin embargo se evidencia una mayor tendencia al diseño de pavimento como principal tema que requiere material de apoyo.

Como instrumento adicional a la encuesta aplicada a los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad José Antonio Páez, se realizó una entrevista a expertos en el tema, para conocer según su experiencia, cuales son los factores determinantes del

diseño de pavimentos y con base en esta información y la obtenida de la encuesta antes mencionada, diseñar la estructura que debe tener la guía en cuestión.

Los expertos entrevistados fueron, el Ingeniero Civil Enzo Bucella, egresado de la Universidad de Carabobo (1993) CIV:91012, Especialista en Transporte Público Urbano de la Universidad Metropolitana (1996) y MSc. Ciencia política-Mención Gerencia Pública, Universidad de Carabobo (2004) .

De igual manera se entrevistó al Ingeniero Civil Fernando Torres Dugarte, egresado de la Universidad de Los Andes (1981) CIV 314120, MS en Ingeniería Vial de la Universidad de Los Andes (2004), docente en Ingeniería en la Universidad Autónoma de Chile desde el año 2019 hasta la fecha, docente investigador proyecto Prometeo / Instituto Superior Universitario "Tsa'chila". Santo Domingo. Ecuador (2016 - 2018), adicional al valioso aporte de dichos ingenieros a través de la entrevista; se cuenta con la orientación del profesor Manuel Figueira, quien es actualmente el profesor a cargo de la asignatura de construcciones viales y adicionalmente es tutor académico del presente trabajo de grado.

A continuación se muestra el formato utilizado para realizar la entrevista con sus respectivas respuestas.

San Diego, Diciembre de 2020

Ingeniero Civil Fernando Torres

Por medio de la presente nosotros dirigimos a usted, en la oportunidad de solicitar su colaboración, dada su experiencia en el área, de responder las preguntas expresadas a continuación, que serán aplicadas con el fin de realizar nuestro trabajo de grado titulado **“GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES”** el cual será presentado para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad José Antonio Páez. .

**1. ¿Qué factores considera usted que se deben tomar en cuenta para el diseño de pavimento?**

Los factores que se deben considerar en el diseño de pavimento son variados, entre ellos se tienen: tráfico (volumen, tipo de vehículo, configuración de la carga, etc.); condiciones ambientales (pluviosidad, temperatura, altitud, drenajes, etc.); materiales a emplear en base, sub-base, carpeta de rodamiento, etc.); nivel de servicio a prestar; seguridad, comodidad y costos (construcción y mantenimiento).

**2. Según su experiencia ¿El diseño de pavimento en Venezuela es óptimo?**

No es óptimo, porque no se tienen las condiciones para investigar/estudiar los factores mencionados anteriormente con bastante detalles, que se deben considerar para el diseño de pavimento.

**3. Según su experiencia ¿Cuáles son los pasos a seguir a la hora del diseño de pavimento estando en campo?**

En primer lugar, previo al diseño del pavimento se deben hacer los ensayos necesarios para conocer las propiedades de capacidad, humedad, densidad, etc. de los suelos, donde se van desarrollar la obra; posterior al diseño del pavimento, en el momento de la construcción se debe tener un estricto control para que las condiciones dadas en el diseño se cumplan en el momento de la construcción.

**4. ¿Qué efectos negativos deja la escorrentía superficial sobre el pavimento y cómo se pueden prevenir estos?**

El agua es el peor enemigo de los pavimentos, no solamente el agua superficial la cual debe ser controlada mediante el bombeo sobre la calzada, así como los elementos estructurales tales como cunetas, alcantarillas, cunetas de coronamiento, etc.; también se debe controlar las aguas subterráneas mediante pozos de drenaje, subdrenes, geotextiles, zanjas de drenaje, etc. Con el propósito de eliminar el exceso de agua infiltrada en el suelo a fin de garantizar la estabilidad de la plataforma y de los taludes de la carretera.

**5. ¿Qué método para el diseño de pavimento considera que es el mejor?**

Dentro de los métodos de diseño de pavimentos flexibles, el más completo por todas las variables que se consideran es el método AASHTO, versión de 1993 el cual debe ser ajustado con algunas precisiones y complementos para adaptarlo a cada región donde se requiera aplicar. En pavimentos rígidos, el método AASHTO-1998, procedimiento de diseño para losas de hormigón apoyadas sobre una base, con una adaptación a las condiciones de los diferentes sitios. En Chile, donde actualmente me encuentro son los métodos, según sea el caso autorizados por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas.

**6. Según su experiencia ¿Cuáles son los problemas más comunes que presenta un diseño de pavimento?**

Los problemas más comunes que se presentan en el diseño de pavimento, es no tener todos los elementos requeridos por los métodos utilizados, ya que de esta manera se tendría que buscar parámetros de zonas que tengan las condiciones muy similares.

Agradecidos de antemano

Bustos Oswaldo 0412-4882594 [oswaldobustos5@gmail.com](mailto:oswaldobustos5@gmail.com)

Delgado Roitmar 0424-4711760 [roitmardelgado@gmail.com](mailto:roitmardelgado@gmail.com)

San Diego, Diciembre de 2020

Ingeniero Civil Enzo Bucella

Por medio de la presente nosotros dirigimos a usted, en la oportunidad de solicitar su colaboración, dada su experiencia en el área, de responder las preguntas expresadas a continuación, que serán aplicadas con el fin de realizar nuestro trabajo de grado titulado **“GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES”** el cual será presentado para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad José Antonio Páez. .

**1. ¿Qué factores considera usted que se deben tomar en cuenta para el diseño de pavimento?**

Según mi óptica, existen varios factores a tomar en cuenta. El principal factor a tomar en cuenta es el tráfico vehicular que circulará sobre esa vía a fin de estimar de mejor manera sus parámetros de diseño. En segundo lugar se debe considerar la infraestructura de ese pavimento, espesores y materiales empleados, factores de compactación de la sub rasante, sub base y base de la carpeta de rodamiento. En tercer lugar se debe tomar en consideración el clima en la zona de implantación, sobre todo en las zonas con alta pluviosidad a fin de estimar adecuadamente las pendientes o bombeos de la escorrentía superficial de las aguas de lluvia.

**2. Según su experiencia ¿El diseño de pavimento en Venezuela es óptimo?**

Venezuela se ha caracterizado por un excelente nivel de ingeniería por lo que considero que en Venezuela, los profesionales dedicados a este tema lo hacen de manera óptima

**3. Según su experiencia ¿Cuáles son los pasos a seguir a la hora del diseño de pavimento estando en campo?**

Conocer el tipo de suelo o terreno natural, estudio de suelo para conocer la capacidad portante de ese suelo, análisis de las pendientes naturales del terreno, el uso de la vialidad.

Sin embargo, desde la óptica de un ingeniero residente o inspector que se encuentran en campo para la construcción de un tramo vial, se deben verificar varios aspectos. Durante la fase de construcción de la infraestructura (sub rasante, sub base y base) se deben considerar la calidad de los materiales que se emplean en ello, la recomendación de proyecto para la humedad de esos materiales en la fase de compactación, solicitud de estudios de compactación para verificar los factores de diseño y solicitud del diseño de mezcla al proveedor de asfalto para verificar su equivalencia con el diseño del proyecto.

**4. ¿Qué efectos negativos deja la escorrentía superficial sobre el pavimento y cómo se pueden prevenir estos?**

Los factores negativos son la degradación de la carpeta asfáltica y de todos los elementos de la infraestructura, siempre que el agua de escorrentía superficial no escurra, forme pozos o charcos y parte de ella penetre por los espacios permeables de toda la vía y erosione los elementos que la conforman, debilitando su capacidad portante y, en consecuencia, dañándola de manera que implique una intervención mayor de mantenimiento. Estos daños se mitigan con un buen control topográfico durante la ejecución de la obra, que garantice las pendientes de diseño que permitan realmente que el agua escurra y el empleo de maquinaria en estado óptimo de funcionamiento.

**5. ¿Qué método para el diseño de pavimento considera que es el mejor?**

El método AASHTO

**6. Según su experiencia ¿Cuáles son los problemas más comunes que presenta un diseño de pavimento?**

El diseño de pavimento como tal no debería tener problemas si es realizado por un profesional del tema. El principal problema que observo en las vías de Venezuela obedecen más a problemas de calidad de los materiales empleados para su construcción (bien sea por la dificultad que se presenta para conseguir buenos agregados o por la falta de control de calidad en las empresas proveedoras), el momento “climático” de la ejecución de la obra (muchas obras viales se construyen en épocas de lluvias lo que trae como consecuencia un aporte adicional y excesivo de agua en los elementos de la infraestructura vial, lo que trae como consecuencia que no se cumplan los parámetros del diseño), la falta de un buen control de ejecución de obras y de calidad de su ejecución (bien sea por ahorros de costos o por falta de profesionalidad de las empresas ejecutoras).

Agradecidos de antemano  
Bustos Oswaldo 0412-4882594 [oswaldobustos5@gmail.com](mailto:oswaldobustos5@gmail.com)  
Delgado Roitmar 0424-4711760 [roitmardelgado@gmail.com](mailto:roitmardelgado@gmail.com)

Análisis de las respuestas otorgadas por los entrevistados

**1. ¿Qué factores considera usted que se deben tomar en cuenta para el diseño de pavimento?**

Los expertos antes mencionados coinciden que uno de los principales factores a considerar es el tráfico, lo cual comprende volumen, tipo de vehículo y configuración de la carga, asociados a la vialidad que se está diseñando, ya que de esto depende directamente el espesor y diseño de la mezcla. Del mismo modo se deben considerar las condiciones de la subrasante, ya que afecta al pavimento propiamente dicho, si se tiene una subrasante deficiente, aunque se tenga un pavimento con diseño óptimo, terminará presentando fallas. Por ello también es fundamental el análisis de los materiales a emplear en base, sub-base y carpeta de rodamiento

Así mismo el clima y las condiciones ambientales como la temperatura y pluviosidad, dado que de esta última dependerá el dimensionamiento de drenaje para evitar que el agua se infiltre entre la capa de asfalto, afectando a infraestructura del pavimento. La temperatura por su parte, resulta importante ya que la variación de la misma genera cambios en el volumen del pavimento, lo cual puede derivar en fallas. Durante todo el proceso de diseño se debe tener en cuenta la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía, así como los costos de construcción y mantenimiento de la misma.

**2. Según su experiencia ¿El diseño de pavimento en Venezuela es óptimo?**

De las entrevistas realizadas se concluyó que en Venezuela actualmente no se tienen las condiciones para investigar o estudiar los factores que influyen en dicho diseño como corresponde, sin embargo los profesionales de la ingeniería que se dedican a esta rama aplican sus conocimientos de forma óptima.

**3. Según su experiencia ¿Cuáles son los pasos a seguir a la hora del diseño de pavimento estando en campo?**

Haciendo una síntesis de la información facilitada por los entrevistados, se tiene que previo al diseño del pavimento se deben hacer los ensayos necesarios para conocer las propiedades de capacidad, humedad, densidad, etc. de los suelos donde se van

desarrollar la obra; una vez que se conocen estas condiciones, también se debe conocer las características de los materiales haciendo una solicitud del diseño de mezcla al proveedor de asfalto para verificar su equivalencia con el diseño del proyecto. Se realiza el diseño del pavimento basado en esas propiedades que se determinaron y en el momento de la construcción se debe tener un estricto control para que el diseño se cumpla en el momento de la construcción.

#### **4. ¿Qué efectos negativos deja la escorrentía superficial sobre el pavimento y cómo se pueden prevenir estos?**

El agua, según estos expertos es el peor enemigo de los pavimentos, no solamente la superficial que debe ser controlada mediante el bombeo sobre la calzada, así como los elementos estructurales tales como cunetas, alcantarillas y cunetas de coronamiento, sino que también se debe controlar las aguas subterráneas mediante pozos de drenaje, subdrenes, geotextiles y zanjas de drenaje, con el propósito de eliminar el exceso de agua infiltrada en el suelo a fin de garantizar la estabilidad de la plataforma y de los taludes de la carretera. Sumado a esto se debe controlar desde el estudio topográfico, haciendo un buen trabajo donde se refleje la pendiente natural y que cumpla a fin de evitar charcos o pozos sobre la superficie asfáltica de forma que afecte la capacidad portante y genere fallas.

#### **5. ¿Qué método para el diseño de pavimento considera que es el mejor?**

Dentro de los métodos de diseño de pavimentos flexibles, a consideración de los entrevistados, el más completo por todas las variables que se consideran es el método AASHTO, versión de 1993 el cual debe ser ajustado con algunas precisiones y complementos para adaptarlo a cada región donde se requiera aplicar. Por su parte en pavimentos rígidos, el método AASHTO-1998, procedimiento de diseño para losas de hormigón apoyadas sobre una base, con una adaptación a las condiciones de los diferentes sitios.

## **6. Según su experiencia ¿Cuáles son los problemas más comunes que presenta un diseño de pavimento?**

Los problemas más comunes que se presentan en el diseño de pavimento, es no tener todos los elementos requeridos por los métodos utilizados, también se debe tomar en cuenta que para la vialidad es fundamental tener los estudios pertinentes dado por los proveedores de los materiales, es aconsejable hacer este tipo de proyecto en un periodo seco para así evitar un exceso de humedad tanto en el terreno como en los materiales.

### **4.2 Fase II: análisis de los métodos de cálculo de pavimentos, tanto nacionales como internacionales.**

En esta fase se realiza un análisis de los métodos de diseño de pavimentos que se desarrollan en la guía de cálculo y se genera una matriz FODA referente a la elaboración de dicha guía, con el fin de expresar las ventajas y desventajas del diseño de la misma.

Los métodos internacionales que se desarrollan dentro de la guía de cálculo son:

- **Método de AASHTO 1993:** es un método que fue desarrollado en Estados Unidos en la década de los 60 para el diseño de pavimentos rígidos, basado en un ensayo a escala real realizado durante 2 años, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitación de las secciones que se sometieron a ensayos. Este método presenta un modelo o ecuación a través del cual se obtiene el parámetro llamado número estructural, cuyo valor además de ser un indicativo del espesor total requerido del pavimento, es función del tránsito. Para determinar este parámetro se hace uso de un ábaco en el cual se ingresa con el valor de la confiabilidad y conociendo el valor del tránsito, la desviación estándar y el índice de serviciabilidad, obteniendo así el valor del número estructural.

#### **Procedimiento de diseño por el Método de AASHTO 1993:**

**Nota:** todas las tablas, figuras y fórmulas mencionadas en este procedimiento se muestran en el desarrollo de la guía.

- 1) Calcular el porcentaje de vehículos, tomando en cuenta la cantidad de autos, buses y camiones que arroja el conteo vehicular. Calcular también el factor de

distribución para el carril de diseño según el número total de carriles en cada dirección.

- 2) Determinar el factor camión FC, según el porcentaje de buses y camiones, el porcentaje de vehículos comerciales y el factor FCC obtenido al multiplicar el porcentaje de vehículos comerciales por el factor FD.
  - 3) Cálculo de ejes equivalentes en el año base, tomando en cuenta el % de tránsito atraído y % de tránsito generado.
  - 4) Calcular la proyección del tránsito durante el periodo de diseño, según la tasa de crecimiento y el número de ejes equivalentes en el año base
  - 5) Determinar la confiabilidad en la estimación del tránsito.
  - 6) Calcular la temperatura media anual ponderada, según la información obtenida de algunos organismos que expresa la temperatura promedio según el mes.
  - 7) Determinar la región a la que pertenece la zona, según la temperatura y precipitación media anual, haciendo uso de la tabla de precipitación y condiciones de humedad para ensayo.
  - 8) Determinar las características del suelo, con base en el CBR, determinar el módulo de resiliencia y luego a categoría del según estos valores (s1,s2, s3 s4 o s5)
  - 9) Finalmente según la región, la designación y la categoría, haciendo uso de la tabla correspondiente se determinan 3 posibles diseños y se escoge el más conveniente para el proyecto.
- **Método de Portland Cement Association (PCA):** este método puede aplicarse en concreto simple con espaciamiento de juntas de 4.50m y de 6.00m, en concreto reforzado con espaciamiento de juntas de 12.00m y concreto reforzado continuo, tomando en cuenta el grado de transferencia de carga en las juntas transversales, el efecto de las bermas de concreto, el criterio de diseño por fatiga y de diseño por erosión. Los factores que se consideran en el diseño son, la resistencia a flexión del concreto a los 28 días, la resistencia (k) de la subrasante o combinación

subrasante y sub-base por CBR, así como el incremento de este valor según el uso de una base granular o una base de suelo-cemento. De igual manera se considera para el diseño por este método, los pesos, frecuencias y tipos de cargas axiales de los camiones y el periodo de diseño.

### **Procedimiento de diseño por el Método de PCA:**

**Nota:** todas las tablas, figuras y fórmulas mencionadas en este procedimiento se muestran en el desarrollo de la guía.

1. Determinar el (K) de diseño, se debe observar el material de la sub base y al tenerlo se ingresa en la tabla 6.1 para obtener el valor, si la subbase es granular y en la tabla 6.2 si dicha sub base es tratada con cemento. Teniendo el valor de espesor de la losa se obtiene el valor K.
2. Determinar el número acumulado de vehículos comerciales en el carril de diseño y durante el periodo de diseño, para el cual debemos tener un % de crecimiento anual y un periodo de diseño para el proyecto. Al tener estos dos valores vamos a la tabla 6.3 y leemos nuestro valor de factor de proyección, se calcula la cantidad de vehículos por sentido.
3. Determinar el número de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño (Tacumulado), el cual es solo la aplicación de esta fórmula:  
**Tacumulado** = (Vehículos por cada sentido)\*(% Vehículos comerciales)\*(Proporción de Vehículos comerciales)\*(Días del año)\*(Periodo de diseño).
4. Dado el espesor de losa vamos a entrar en las tablas 6.5 o 6.6 según sean las características del proyecto, para obtener los esfuerzos equivalentes para ejes simples o ejes de tándem.
5. Determinar las relaciones de esfuerzos, teniendo en cuenta el módulo de rotura calculado para el proyecto o se asumirá según sean las condiciones.
6. Determinar los factores de erosión, empleando las tablas 6.7, 6.8, 6.9 y 6.10. Según sean las características del proyecto, para entrar en la tabla debemos tomar el espesor de la losa y el valor obtenido de la tabla 6.1 y leemos nuestro valor.

7. Llenado de tablas para una mejor organización del proyecto, el cual se recomienda utilizar una hoja Excel para mejor facilidad del trabajo, se realizará una hoja para cada tipo de eje (Simple/Tándem). En este punto es solo ver como la carga por eje es afectada por el factor de seguridad que se haya estimado para el proyecto.
8. Determinar las repeticiones esperadas por cada valor de ejes comerciales ajustado, según sea la cantidad de ejes esperados presentados en el proyecto se tomará dicho valor multiplicado por la cantidad de vehículos que transita durante el periodo de diseño se tendrá una cifra, la cual deberá ser dividida en 1000 como parte de formula. Luego se debe ir a la gráfica que relaciona la carga de eje y el factor de relación de esfuerzos que calculamos para obtener el valor de las repeticiones admisibles por carga.
9. Análisis de fatigas, el punto anterior estudia las repeticiones admisibles, ahora vamos a observar el porcentaje de fatiga que afecta por las cargas de eje que no es más que la relación entre las repeticiones esperadas y las repeticiones admisible multiplicado 100% para así obtener el valor en porcentaje.
10. Análisis de erosión, mediante las figuras 6.4 y 6.5 según sea la característica del proyecto en cual tomamos el valor de la carga en relación con el factor de erosión que ya calculamos y leemos el valor de repeticiones admisibles de cargas.
11. Porcentaje de daños no es más que la relación entre las repeticiones esperadas y las repeticiones admisibles por erosión, que multiplicado por 100% nos dará el valor de la fatiga por erosión en porcentajes
12. Se repite el proceso para la cantidad de ejes que tenga el proyecto tanto para ejes sencillos como para ejes tándem, solo cambiaran condiciones que el proyecto pueda exigir pero estarán disponibles, todas las tablas y gráficas para dicha resolución estaban disponibles.
13. Conclusión de cumplimiento mínimo de acuerdo al espesor de los que se tomó, si el valor de porcentaje de fatiga o de erosión es mayor al 100% se debe aumentar en espesor de la losa, de no ser así los valores estarían cumpliendo con los requisitos.

Adicionalmente a los nuevos métodos que se presentan en la guía, se complementa con los métodos que actualmente forman parte del contenido programático de la asignatura Construcciones Viales, presentados a continuación:

**Método del Instituto de Asfalto (revisión 1981) para pavimentos flexibles:** este método hace uso de un ábaco donde se marca el número de vehículos pesados y el promedio de pesos brutos de los vehículos pesados, de dicho ábaco se obtiene el valor máximo de carga por eje sencillo para ese tipo de vía y el Número de Tránsito Inicial, se realiza un ajuste de tráfico de acuerdo al periodo de diseño estimado y porcentaje de crecimiento anual, posteriormente según el valor de CBR de la subrasante y el valor ajustado de tránsito se determina el espesor de pavimento requerido.

**Procedimiento de diseño según el Método del Instituto de Asfalto (revisión 1981):**

**Nota:** todas las tablas, figuras y fórmulas mencionadas en este procedimiento se muestran en el desarrollo de la guía.

1. Determinar el número de vehículos pesados e ingresar en el ábaco correspondiente (indicado en el desarrollo de la guía) y marcar este valor en la línea C de dicho ábaco.
2. Ubicar en la línea D del ábaco antes mencionado, el valor del promedio de pesos brutos de los vehículos pesados.
3. Unir con una recta los puntos marcados en la línea C y D, alargar la línea hasta cortar el eje auxiliar B.
4. Según el tipo de vía determinar el valor máximo de carga por eje sencillo y marcarlo en la línea E
5. Unir con una recta los puntos marcados en las líneas B y E del ábaco y prolongar hasta cortar la línea A, para leer el valor del Número de Tránsito Inicial (NTI)
6. Haciendo uso de la tabla correspondiente (indicada en el desarrollo de la guía) hallar el valor de ajuste para el tráfico, de acuerdo al periodo estimado de diseño de la vía y el porcentaje de crecimiento anual.

7. Tomando en cuenta el valor de CBR de la subrasante y el valor ajustado del tránsito, determinar el espesor del pavimento para un periodo de veinte años, haciendo uso del ábaco correspondiente.

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre los métodos, basado en las variables de diseño que involucra cada uno.

Variable de diseño	Método PCA	Método AASHTO 1993	Método del Instituto de Asfalto
Módulo de rotura del concreto	Módulo de rotura a flexión (28 días) (MR)	Módulo de rotura a flexión (28 días) (S'c)	No se considera en el diseño
Resistencia de la subrasante	Toma en cuenta la resistencia de la subrasante, llamada K	También toma en cuenta la resistencia de la subrasante, llamada K	Toma en cuenta el valor de CBR de la subrasante para determinar el espesor del pavimento.
Cargas de tránsito	Considera las cargas generadas por los vehículos pesados (Re)	Considera las cargas generadas por vehículos pesados, se calculan los ejes equivalentes, llamado ESAL	Se considera un valor promedio de peso bruto de vehículos pesados, con este y otros valores se determina el NTI
Periodo de diseño	Años estimados de vida útil del pavimento (n)	Años estimados de vida útil del pavimento (n)	Años estimados de vida útil del pavimento (n)
Transferencia de carga	No se considera en el diseño	Se considera la transferencia de carga y depende el tipo de junta	No se considera en el diseño
Serviciabilidad	No se considera en el diseño	Se refiere a la condición del pavimento para proporcionar un manejo seguro y confortable	No se considera en el diseño
Coefficiente de drenaje	No se considera en el diseño	Se determina el valor de coeficiente de drenaje (Cd) según la calidad de drenaje	No se considera en el diseño
Confiabilidad	No se considera en el diseño	Se determina el % de confiabilidad, usando una tabla, en función a la funcionalidad del camino	No se considera en el diseño
Factor de Seguridad	Se determina según el factor de seguridad de carga	Para este método el factor de seguridad es un valor asociado a la confiabilidad.	Se determina un valor de ajuste para el tráfico según el periodo de diseño.

Figura 51: Cuadro comparativo entre los métodos desarrollados en la guía.

Con base en lo expresado en el cuadro anterior, se puede considerar el método de AASHTO 1993, como un método más completo debido a que toma en cuenta ciertos

factores que se ignoran en los otros métodos y que pueden afectar el desempeño del pavimento.

Por su parte, para el diseño de pavimentos según métodos venezolanos, la guía presenta:

- **Norma INVEAS, Versión revisada diciembre 2004**

No se trata de un método propiamente dicho, sino, como su nombre lo indica es una norma del Instituto Venezolano de Asfalto (INVEAS), el diseño del pavimento basado en esta norma va un poco más allá de establecer el espesor del pavimento, incluye también los requisitos particulares para la producción, construcción y medición de mezclas de concreto asfáltico en caliente. Esta especificación incluye cuatro tipos de mezcla de concreto asfáltico, clasificadas en función de su tamaño nominal máximo, las cuales se identifican como M-25, M-19, M-12 y M-9, en el desarrollo de la guía se detalla cada tipo de mezcla.

Esta norma especifica de qué materiales debe provenir el agregado a utilizar en la mezcla, debe ser piedra picada, grava picada, escoria de acería, arena natural y/o manufacturada y polvillo. Debe proceder de rocas duras y resistentes, no debe contener arcillas y debe estar libre de todo material orgánico.

Igualmente, dentro de la sección de materiales de la norma, se establece la combinación de diseño (CD), que no es más que la estructura granulométrica de la mezcla de agregados, que permitirá establecer las propiedades de control de la mezcla asfáltica, ya que dicha combinación de diseño debe satisfacer los límites indicados en la norma para cada tipo de mezcla.

Respecto a los materiales asfálticos, la norma establece que losa para la producción de estas mezclas se deben usar cementos asfálticos clasificados según la norma COVENIN 1670-95, el tipo de material a utilizar es determinado por el Proyectista o Ingeniero Inspector de acuerdo al procedimiento especificado para tal fin.

Así mismo, según lo especificado en la norma, una vez seleccionado el tipo de mezcla, los agregados, la Combinación de Diseño y el material asfáltico, se debe

determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico según los procedimientos descritos en los ensayos de Marshall y contenido de vacíos. La mezcla que resulte de este diseño debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla de propiedades Marshall exigidas para el diseño de mezclas en laboratorio y la tabla de valores de vacíos en el agregado mineral, en función del tamaño nominal máximo del agregado y del % de vacíos totales de la mezcla, ambas tablas se presentan en el desarrollo de la guía.

De igual manera establece el procedimiento para la ejecución, la preparación del sitio y de la mezcla, así como condiciones de transporte, compactación y acabado. En el diseño basado en esta norma, el espesor mínimo de cualquier capa después de compactada, debe ser igual a 2.5 veces el tamaño nominal de la mezcla que se está compactando y el espesor máximo de compactación de cada capa no debe ser mayor a 10 cm.

El conocimiento de esta norma es de suma importancia para los estudiantes incluso como complemento de los métodos de diseño, puesto que como se explicó anteriormente va más allá de diseñar el espesor del pavimento que es básicamente en lo que se centran los métodos, la norma permite hacer un diseño más completo del pavimento.

A continuación se presenta la Matriz FODA que se realizó referente a la elaboración de la guía de cálculo.

<p><b>MATRIZ</b></p> <p><b>FODA</b></p>	<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Primera guía de diseño de pavimento en la UJAP</li> <li>-Contenido nuevo para la materia de construcciones viales</li> <li>-Fortalecerá el contenido existente en la materia de construcciones viales</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Posibles Errores de precisión</li> <li>-Poco Alcance inicial</li> <li>-Solo un tema de estudio con respecto a la materia de construcciones viales</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Gran alcance final</li> <li>-Alta probabilidad de aceptación</li> <li>-Publicación de la guía como material de apoyo dentro y fuera de la UJAP</li> </ul>	<p><b>Estrategia FO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-D3: Expandir la guía en diferentes formatos para mayor facilidad de utilización y adquisición.</li> <li>-F3: Lograr que la guía fortalezca y complemente el material existente en la materia.</li> </ul>	<p><b>Estrategia DO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-D1O1: Revisión minuciosa de los cálculos para una mayor precisión</li> <li>-D3: Lograr que el contenido este tan explícito que se pueda utilizar el material en diferentes universidades.</li> </ul>
<p><b>Amenazas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Alguna guía que aborde mayor cantidad de temas</li> <li>-Poca información sobre la existencia de la guía.</li> </ul>	<p><b>Estrategia FA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-F1A1: Explicar los ejercicios de la mejor manera para que no genere dudas.</li> <li>-A2: Difundir la guía a través de diferentes medios de comunicación.</li> </ul>	<p><b>Estrategia DA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-A1D3: Que el tema existente en esta guía sea optimo en todo sentido.</li> <li>-A2D2: Lograr que la guía sea indispensable para comprender en su totalidad el tema de pavimentos.</li> </ul>

Figura 52: Matriz FODA aplicada a la elaboración de la guía.

### **4.3. Fase III: Diseño de una guía de cálculo de pavimentos rígidos y flexibles para la cátedra de Construcciones Viales.**

Una vez establecidos los objetivos que desean alcanzar a través del desarrollo de esta guía y con base en los resultados obtenidos por medio de la encuesta aplicada a los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, se estableció que la guía tendría la siguiente estructura, inicialmente consta de una portada identificar el uso para el cual fue diseñada, al mismo tiempo que permite conocer a sus autores, fecha de elaboración e institución donde se desarrolló, lo siguiente que se consigue dentro de la guía es un prólogo que permite dar a conocer a los usuarios de la misma, la importancia de un buen diseño de pavimentos y cómo se logrará a través del uso de la guía, mejorar ese proceso de aprendizaje del tema. Adicionalmente, presentará un índice que permitirá al estudiante conocer de manera rápida el contenido de la guía y ubicar de manera inmediata puntos específicos dentro de la misma según la numeración de las páginas, facilitando así su uso.

Luego de esto, la guía presenta 6 secciones o capítulos estructurados de la siguiente manera:

1. Definiciones básicas: esta sección está diseñada de manera que el estudiante al momento de aplicar los métodos domine a cabalidad la definición de todos los factores que intervienen en el diseño, esta sección a su vez está dividida en tres partes, la primera enfocada en la vialidad, donde se define que es una vía, tipos y clasificación de la vía. Del mismo modo, se define el tránsito, el conteo vehicular, valores promedio de tránsito y clasificación de vehículos. Luego, se tiene la fracción enfocada en pavimentos, en la cual se define el pavimento, sus tipos y estructura de cada uno, el asfalto, periodo de diseño, transferencia de cargas, entre otros factores asociados a los pavimentos, tal como la maquinaria requerida para su construcción. Por último esta sección presenta definiciones referentes al suelo como su clasificación según los sistemas de AASHTO y SUCS, el límite líquido y de plasticidad y el California Bearing Ratio.

2. Ecuaciones: en esta sección se muestran las ecuaciones requeridas para la aplicación de cada método, detallando cada una de sus variables.
3. Tablas: con el fin de que el estudiante tenga a mano todas las tablas requeridas para el desarrollo de los métodos, en esta sección se encuentran todas numeradas e identificadas.
4. Gráficos: al igual que en la sección de tablas, esta se realizó con el fin de facilitar al estudiante el desarrollo de los cálculos teniendo a mano todos los gráficos y ábacos correspondientes.
5. Métodos: en esta sección se definen propiamente los métodos que conforman la guía como lo es el Método de AASHTO 1993, Método de Portland Cement Association, Método del Instituto de Asfalto y la Norma Venezolana del Instituto de Asfalto, así mismo se presenta un ejercicio explicado paso a paso correspondiente a cada método y se plantean ejercicios propuestos para que el estudiante pueda poner en práctica lo aprendido.
6. Fallas en pavimentos: en esta la última sección de la guía, se describen los diferentes tipos de fallas que se presentan en el pavimento, indicando cómo determinar su nivel de severidad y como repararlas, finalmente se explica cómo debe realizarse un plan de mantenimiento vial.
7. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones al estudiante.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 1.1 Conclusiones:

A continuación se presentan los resultados de la investigación realizada y de la información recopilada dentro de esta, con el fin de generar un instrumento que permita mejorar la comprensión del diseño de pavimentos, por parte de los alumnos de la Universidad José Antonio Páez, específicamente la cátedra de construcciones viales, en busca de formar profesionales de la ingeniería civil capaces y competitivos a nivel laboral.

Se determinó que los encuestados en su mayoría saben diferenciar entre los pavimentos rígidos y flexibles y conocen la estructura de ambos, sin embargo en busca de que la guía tenga un contenido lo más completo posible, igualmente se incluyó estos conceptos dentro del material. En cuanto al término de California Bearing Ratio una cantidad significativa de encuestados expresó no dominarlo, por ello se explica a detalle dentro de la sección de definiciones básicas de la guía.

Por otra parte, se conoce que en su mayoría los estudiantes están conscientes de que el deterioro del pavimento puede prevenirse realizando un buen diseño, lo cual es el principal objetivo del desarrollo de esta guía, por ello se destaca la incidencia que tendrá el uso de la misma, en la formación de los futuros profesionales de la ingeniería. Por lo que es importante considerar que actualmente los estudiantes no cuentan con un material que les permita reforzar la información que otorga el docente en la asignatura, tanto de manera teórica como ejercicios prácticos.

En lo que respecta a la situación actual de los estudiantes en relación a los métodos que se imparten dentro del contenido programático de la materia de Construcciones viales, ellos mismo expresaron tener, en su mayoría, conocimiento nulo o básico de dichos métodos, Así mismo, un alto porcentaje expresó no conocer

otros métodos adicionales a los antes mencionado, por lo cual se hizo especial énfasis en la explicación de los métodos, de cómo desarrollarlos y se agregaron otros nuevos, según las recomendaciones de los expertos entrevistados sobre cuáles métodos consideran óptimos para el diseño de pavimentos.

De manera general el contenido de la guía se estructuró en base a lo expresado por los encuestados, sobre cuáles temas de la asignatura deberían reforzarse dentro de la misma.

Como resultado de estas consideraciones, se obtuvo una guía de cálculo bastante completa para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles, donde se recopilan los términos referentes a vialidad, tránsito, pavimentos y suelos. Así como ecuaciones, tablas y gráficos que el estudiante requiere manejar para realizar estos cálculos con total dominio y entendimiento de lo que se está calculando, logrando así que sepa analizar y proyectar a la realidad los resultados que obtenga por cualquiera de los siguientes métodos, AASHTO 1993, Método de PCA, Método del Instituto de Asfalto y Norma INVEAS, y que no siga un proceso mecanizado y sin criterio.

Entre los métodos mencionados se definió que el método más completo es el de AASHTO 1993, dado que toma en cuenta factores que los otros métodos ignoran, este método es específicamente para pavimentos rígidos, sin embargo con la revisión realizada en 1998 se puede diseñar pavimentos flexibles.

## **1.2 Recomendaciones**

Según los resultados y conclusiones obtenidas, se presentan las siguientes recomendaciones:

Principalmente se recomienda implementar esta guía de cálculo como parte del material de apoyo que se le ofrece a los alumnos cursantes de la materia de Construcciones Viales en la Universidad José Antonio Páez.

Incorporar dentro del contenido programático de la asignatura de Construcciones Viales el método de AASHTO y método de PCA.

Igualmente incorporar el análisis de la Norma del Instituto Venezolano de Asfalto (INVEAS) dentro del contenido programático.

Hacer énfasis a los estudiantes sobre la importancia de realizar un diseño óptimo para disminuir la aparición de fallas y por consiguiente mejorar la transitabilidad.

Realizar otras guías de los distintos temas y materias que aporten para la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez

Realizar trabajo de campo donde se pueda hacer un ejercicio de reparación y plan de mantenimiento de fallas.

Reforzar las materias que anteceden a construcciones viales para lograr una mayor comprensión en la extracción y recopilación de datos.

Realizar visitas guiadas a las plantas de Asfalto y a obras de construcción de pavimentos, con el fin de que el estudiante conozca de manera práctica el proceso de elaboración de la mezcla asfáltica y el proceso de colocación y compactación del pavimento, lo cual le permitirá afianzar mejor los conocimientos teóricos.

El contenido referente a pavimentos es muy extenso, por esto se recomienda a las autoridades de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, evaluar la posibilidad de incluir dentro del pensum de estudios de la carrera una materia dedicada exclusivamente a pavimentos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, (2017). **Evaluación de las patologías existentes en el pavimento flexible de la avenida Don Bosco, cuadras 28, 29,30 y 31 del aa- hh. Santa rosa, distrito veintiséis de octubre, departamento de Piura, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote.**
- Arias F. (2012). **El proyecto de investigación sexta edición.** Editorial Episteme C:A.
- Escobar, Huincho, (2017). **Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017.** Universidad Nacional de Huancavelica.
- Fontalba, (2015). **Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector Guacamayo 1° etapa.** Universidad Austral de Chile.
- Hayek, Lafuente (2015). **Diseño de un plan de mantenimiento correctivo en la autopista Prado del Este sobre la vía Chuao-Las Mercedes (coordenadas DDD: 10.483252, - 66.856077) del distribuidor “El Ciempiés” ubicado en el municipio Baruta, estado Miranda”.** Universidad de Nueva Esparta Venezuela.
- Jongue, Ramírez, (2019). **Guía práctica para el laboratorio de topografía de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez,** Universidad José Antonio Páez.
- Marcano, Villamizar, (2015). **Diseño de un plan de mantenimiento correctivo en la autopista Prado del Este sobre la vía Chuao-Las Mercedes (coordenadas DDD: 10.483252, - 66.856077) del distribuidor “El Ciempiés” ubicado en el municipio Baruta, estado Miranda.** Universidad de Nueva Esparta.
- Pereda Cintia (2014). **Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca- La Colpa**

Rondón, Reyes (2015). Pavimentos: materiales, construcción y diseño

Tamayo y Tamayo (2002). **El proceso de la investigación científica cuarta edición.**

Editorial Limusa, SA de C.V. Grupo Noriega Editores

Trespacios Gutiérrez Juan, Vázquez Casielles Rodolfo y Bello Acebrón Laurentino

(2005). Investigación de Mercados International Thomson Editores

### **Electrónico:**

Antonio Covarrubias, (2014). **Tipos de vialidades**

<https://prezi.com/qifidpdgmv1/tipos-de-vialidades/>

Catherine Martínez (S/F). **Observación directa: características, tipos y**

**ejemplo** <https://www.lifeder.com/observacion-directa/>

Gónima (2012) **Revisión documental**

<https://comunicacioneinvest3.wordpress.com/2012/08/09/revision-documental/#:~:text=Es%20una%20t%C3%A9cnica%20de%20observaci%C3%B3n,el%20grupo%20entrevistado%20ha%20mencionado.>

González (S/F) **Lista de corroboración o cotejo**

<https://es.slideshare.net/FEROROZCOUNACH/lista-de-cotejo-58733392#:~:text=SEG%C3%9AN%20AUTORES%20%EF%82%B7%20Describir%20la,el%20proceso%20de%20ense%C3%B1anza%2D%20aprendizaje.>

González Librada, (2012). **Cargas de tránsito**, Universidad tecnológica de

Panamá [www.academia.edu/19639226/CARGAS DE TRANSITO](http://www.academia.edu/19639226/CARGAS_DE_TRANSITO)

(2013). **Infraestructura vial y pavimentos.**

<http://pavimyvias77.blogspot.com/>

(S/F). **Infraestructura vial en el mundo**

[https://www.ecured.cu/Infraestructura\\_vial#:~:text=La%20Infraestructura%20vial%20es%20todo,desde%20un%20punto%20a%20otro](https://www.ecured.cu/Infraestructura_vial#:~:text=La%20Infraestructura%20vial%20es%20todo,desde%20un%20punto%20a%20otro)

Meza (2015). **La investigación Documental**

<https://es.slideshare.net/marielithameza1/la-investigacin-documental-55060939>

Normas COVENIN 2000-1987 <https://fliphtml5.com/waoqr/imbz/basic>

Renie Dubs de Moya (2002). **El Proyecto Factible: una modalidad de investigación** <https://www.redalyc.org/pdf/410/41030203.pdf>

Rene Rodríguez, (2011). **“Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo”**, Universidad Técnica de Ambato <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2199/1/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.%2067%20-%20Rodr%C3%ADguez%20Gonz%C3%A1lez%20Ren%C3%A9%20Alexander.pdf>

Rigoberto Morón Suarez, (2011). **Caracterización física de la vía agrícola “Sector la manga – San Lázaro”, parroquia Andrés Linares municipio Trujillo estado Trujillo**, Universidad de Los Andes. [http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde\\_arquivos/33/TDE-2012-09-26T21:23:36Z-1795/Publico/moronrigoberto.pdf](http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde_arquivos/33/TDE-2012-09-26T21:23:36Z-1795/Publico/moronrigoberto.pdf)

## **ANEXO A**

### **Validación del instrumento**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**San Diego, marzo 2021**

**CARTA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

**Profesora: Ing.** Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del cuestionario que se anexa, para recabar información sobre la elaboración de la tesis realizada por los ciudadanos Bustos Oswaldo y Delgado Roitmar, portadores de la cédula de identidad N° 21.315.910 y N° 24.547.564 en titulada: **“GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES** Se aplicará a estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad José Antonio Páez.

En espera de su validación, o de sus observación,



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS - JUICIO DE  
 EXPERTOS**

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para la validación de distintas variables que conforman el instrumento de recolección de datos, el cual será aplicado en la investigación de campo de los bachilleres

**Instrucciones**

Leer cuidadosamente cada recuadro, marque con una (X) la respuesta que considere para validar, de acuerdo a los aspectos a evaluar.



CONSIDERACIONES GENERALES	SI	NO	OBSERVACIONES
El instrumento tiene instrucciones claras y precisas para que el ingeniero inspector pueda llenar la planilla.	X		
La presentación del instrumento es adecuada. De no ser así, señale los factores o variables a corregir o mejorar.	X		
Los factores y variables son adecuados para recolectar la información. De ser negativa su respuesta, sugiera los factores o variables que deben incluirse y/o eliminarse.	X		

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO					
APLICABLE	<b>X</b>	NO APLICABLE		APLICABLE, CONSIDERANDO LAS OBSERVACIONES	

DATOS DEL EXPERTO	
Nombres y Apellidos:	<b>ALICIA DE PIZZELLA</b>
Cédula de Identidad:	<b>4598880</b>
Correo Electrónico:	<b>Alipiz54 gmail.com</b>
Nivel Académico:	<b>Ing. MECÁNICO MAGISTER ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS DOCTORADO INNOVACIONES EDUCATIVAS</b>
C.I.V C.E.I.D.E.C:	<b>68397</b>

Firma



Fecha 28-3-2021

## **APÉNDICE A**

**GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**



**GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES,  
SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES**



## PRÓLOGO

Una de las principales necesidades de la sociedad es la posibilidad de moverse, tanto dentro de su propia ciudad, como de una ciudad a otra, la manera más sencilla y accesible de moverse, para el ciudadano común, es haciendo uso de los medios de transporte terrestre, para lo cual es fundamental la existencia de redes viales en buen estado, esto permite que las personas tengan acceso a hospitales, escuelas, universidades y lugares de trabajo.

El profesional de la ingeniería civil, tiene como objetivo principal del ejercicio de su carrera, satisfacer las necesidades sociales, la creación de vialidades es una de las formas en que estos profesionales mejoran la calidad de vida de las personas, por ello es sumamente importante que los estudiantes de ingeniería civil dominen a cabalidad los conocimientos referentes al diseño vial.

El factor indicativo del estado de una vía, comúnmente es el estado del pavimento, la presencia de fallas en el mismo genera incomodidad en los usuarios y mayor desgaste en los vehículos, del mismo modo que aumenta el riesgo de sufrir accidentes de tránsito. De allí la importancia de que se realice un buen cálculo para el diseño del pavimento, para postergar la aparición de fallas en el mismo.

En la Universidad José Antonio Páez, dentro de la asignatura construcciones viales se imparten los conocimientos para el desarrollo de métodos de cálculo de pavimentos. Con base en esto, los autores, como estudiantes de la carrera hemos decidido desarrollar una guía de cálculo para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles, según métodos nacionales e internacionales, que permita al estudiante mejorar la comprensión de este proceso de diseño, ayudándolo a conocer la teoría requerida para la aplicación de los métodos, así como descubrir nuevos métodos que puede utilizar durante el ejercicio de su carrera, explicados a través de ejercicios prácticos, de igual manera la guía consta de una sección de ejercicios propuestos con los que se podrá practicar lo aprendido.

Nuestra expectativa con esta guía es, que sea un recurso didáctico y que pueda ser usado en el futuro por otros estudiantes, no solo para el aprendizaje del tema, sino también como base para desarrollar su propio trabajo de investigación.

## INTRODUCCIÓN

En la siguiente guía se presenta de forma práctica y con un refuerzo teórico, el contenido referente a algunos métodos internacionales de diseño de pavimento, con el fin de hacer más fácil la comprensión de estos. Uno de estos métodos nuevos como lo es el Portland Cement Association (PCA) que trabaja con concreto simple y también trabaja con concreto reforzado tomando en cuenta las transferencias de cargas en las juntas transversales y el efecto de las bermas de concreto como principales puntos de partida para el desarrollo del mismo. El método AASHTO 1993 presenta un modelo o ecuación a través del cual se obtiene el parámetro llamado número estructural con el cual se parte a una serie de procedimientos para hacer un análisis real con el fin de realizar tablas que nos reflejan la relación deterioro-solicitación de las secciones en estudio. También se presenta las normas del Instituto Venezolano de Asfalto (INVEAS), como un método nacional aplicado, en esta vamos a encontrar el procedimiento y la explicación del material a utilizar en las mezclas de pavimento y su procedencia afianzándose también en el tipo de asfalto según lo estipulado en la norma COVENIN 1670-95. Lo cual para el estudiante o el practicante de la materia es más que un apoyo, esto con el fin de que pueda elegir el que se le haga más llevadero para un diseño óptimo.

De igual manera se presenta el Método del Instituto de Asfalto, el cual considera la estructura del pavimento flexible como un sistema elástico de múltiples capas, donde las cargas aplicadas en la capa superior de la estructura, producen dos esfuerzos de tensión que son críticos para el diseño. También se presentan las fallas que se generan en el pavimento, muchas veces por no tener en cuentas ciertos factores que a lo largo del periodo de diseño vendrán afectando el mismo, veremos tipos de fallas, como corregirlas y un plan de mantenimiento de forma un poco general para que se genere un diseño de pavimento en las mejores condiciones.

Esta guía contiene una sección de definiciones básicas, la cual permite familiarizarse con el contenido, ya que esta es la fuente para lograr la comprensión de los ejercicios prácticos, para los cuales veremos diferentes formas de afrontarlos.

## ÍNDICE

<b>1.</b>	91.1 Vialidad	9
1.2 Vía		9
1.3 Calle		9
1.4 Carretera		9
1.5 Clasificación de la vía		10
Por su transitabilidad:		10
Por su ubicación:		10
Clasificación administrativa:		11
Por su importancia:		11
Por su divisoria central:		12
Por su accesibilidad:		12
Según organismos oficiales venezolanos:		13
Según el terreno:		13
1.6 Acera		14
1.7	141.8 Aforo vehicular o conteo	14
1.8.1 Aforos manuales		14
Tabla n°1: Hoja de campo para aforo o conteo de vehículos		15
1.8.2 Contadores mecánicos:		16
1.9 Tránsito Horario (THi)		16
1.10 Tránsito Diario (TD)		16
1.11 Tránsito Mensual (TM)		16
1.12 Tránsito Promedio Diario (TPD)		16
1.13 Tránsito Anual (TA)		16
1.14 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)		16
1.15 Tránsito Diario Inicial (TDI)		16
1.16 Número de tránsito inicial (NTI)		17
1.17 Número de Tránsito para diseño (NTD)		17

1.18	Número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N)	17
1.19	Clasificación de vehículos	17
1.19.1	Vehículos livianos	17
1.19.2	Vehículos pesados	17
1.19.3	Clasificación según el número de ejes	18
1.20	Canal de diseño	19
1.21	Pavimento	20
1.22	Tipos de pavimento	20
1.22.1	Pavimento flexible:	20
1.22.2	Pavimento rígido	21
1.23	Asfalto	22
1.24	Periodo de diseño	22
1.25	Pavimentos transitorios	22
1.26	Pavimentos para Bajo Volumen de Tránsito	22
1.27	Pavimentos para Caminos de Tránsito Pesado	23
1.28	Módulo de reacción de la subrasante	23
1.29	Fallas	23
1.29.1	Fallas funcionales	23
1.29.2	Fallas estructurales	23
1.30	Confiabilidad en el diseño (R)	23
1.31	Servicialidad	23
1.32	Transferencia de carga	23
1.33	Factor equivalente de Carga	24
1.34	Juntas	24
1.35	Pasadores de acero en juntas de pavimento rígido	24
1.36	Maquinaria requerida para la construcción de pavimentos	25
1.37	Resistencia a flexión del hormigón	28
1.37	Clasificación de los suelos	29
1.37.1	Sistema de clasificación AASHTO	29
1.37.2	Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS)	30

1.38 Límite líquido de un suelo	32
1.39 Límite de plasticidad de un suelo	32
1.40 Californian Bearing Ratio (C.B.R)	32
<b>2. ECUACIONES</b>	<b>34</b>
2.1 Volumen de tránsito (Q)	34
2.2 Tránsito Diario (TD)	34
2.3 Tránsito mensual (TM)	34
2.4 Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)	34
2.5 Tránsito promedio diario (TPD)	34
2.6 Factor de ajuste mensual (Fm)	34
2.7 Factor de ajuste diario (Fd)	34
2.8 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	35
2.9 Número de tránsito para diseño (NTD)	35
2.10 Número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N)	35
2.11 Factor equivalente de carga	35
2.12 Confiabilidad	35
2.13 Índice de plasticidad (IP)	35
2.14 Rendimiento de una Pavimentadora	35
<b>3. TABLAS</b>	<b>37</b>
Tabla n° 2: Factores de corrección del NTI	37
Tabla n° 3: Porcentaje del total de vehículos pesados en el carril de diseño	38
Tabla N°4: Tipos y características de los vehículos pesados que circulan normalmente por la red vial venezolana	38
Tabla N° 5: Clasificación de vehículos según nomenclatura OPTT y Designación COVENIN 614	39
Tabla N° 6: Clasificación de suelos según sistema AASHTO	39
Tabla N° 7: Clasificación de suelos según SUCS	40
Tabla N° 8: Valores referenciales de C.B.R, usos y suelos	41
Tabla N° 9: Calidad de la sub-rasante, sub-base y base, según C.B.R	41
Tabla N° 10: Espesor mínimo de base, según intensidad de tránsito	41

Tabla N° 11: Espesor de carpeta asfáltica, según tipo de carpeta y de tránsito	42
Tabla N° 12: Carga equivalente (CE), según ID y características del tránsito.	42
Tabla N° 13: Valores del Módulo de Rotura de acuerdo a la clasificación funcional del camino.	42
Tabla N° 14: Rangos típicos de los factores de pérdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales.	43
Tabla N° 15: Niveles sugeridos de confiabilidad, de acuerdo a la clasificación funcional del camino.	43
Tabla N° 16: Valor de la desviación estándar normal ZR, correspondientes a los niveles de confiabilidad R.	43
Tabla N° 17: Valores del coeficiente de transferencia de carga.	44
Tabla N° 18: Valores de coeficiente de drenaje	44
Tabla N° 19: Factor de distribución por carril	44
Tabla N° 20: Requisitos mínimos para pasadores de acero en juntas de pavimentos	44
Tabla N° 21: Valores de CBR y Módulo de reacción de la subrasante, según tipo de suelo.	45
Tabla N° 22: Valores de K para sub-base por combinada	45
Tabla N° 23: Tasas anuales de tráfico y factores de proyección correspondientes.	45
Tabla N° 24: Esfuerzo equivalente- sin berma de concreto (eje simple/tándem)	46
Tabla N° 25: Factores de erosión- junta con pasadores-sin bermas en concreto (eje simple/eje tándem).	47
Tabla N° 26: Factor de distribución por carril	47
Tabla N° 27: Entornos de la resistencia (Categoría)	48
Tabla N° 28: Precipitación y Condiciones de humedad para el ensayo (Región)	48
<b>4. GRÁFICOS</b>	<b>49</b>
Gráfico n°1: gráfico de análisis de tránsito	49
Gráfico N° 2: Determinación del espesor de pavimento, según C.B.R y NTD	50
Gráfico N° 3: Factor de carga equivalente (F), según tipo de eje y la carga aplicada por eje.	51
Gráfico N° 4: Espesor de pavimento según Índice de diseño y C.B.R	51
Gráfico N° 5: Relación entre el módulo de reacción de la subrasante “K” y el valor de C.B.R	52

Gráfico N° 6: Espesor de pavimento de concreto hidráulico, según cargas de ruedas, reacción de subrasante y esfuerzo de flexión.	52
Gráfico N°7: Carta para estimar el módulo compuesto de reacción del Subgrado, K	53
Gráfico N° 8: Carta para modificar el módulo de reacción del Subgrado a fin de considerar los efectos de la proximidad superficial de un estrato rígido.	53
Gráfico N° 9: Corrección del Módulo Efectivo de Reacción del Subgrado debido a la pérdida potencial de soporte de la sub-base.	54
Gráfico N° 10: proporción de vehículos comerciales en carril derecho.	54
Gráfico N° 11: Análisis por fatiga número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de relación de esfuerzo.	55
Gráfico N° 12: Análisis por erosión- número permisible de repeticiones	56
Gráfico 13: Análisis por erosión - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (con berma de hormigón)	57
Gráfico N° 14: Carta de diseño para pavimento de hormigón compuesto (sub-base de hormigón pobre).	58
Gráfico N° 15: Carta de diseño para pavimento de hormigón compuesto (monolítico con la capa inferior de hormigón pobre).	58
Gráfico N° 16: Relación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión	59
Gráfico N° 17: Carta de diseño	60
Gráfico N° 18: Carta de diseño	61
Gráfico N° 19: Carta de diseño	62
Gráfico N° 20: Carta de diseño	63
Gráfico N° 21: Carta de diseño	64
Gráfico N° 22: Carta de diseño	65
Gráfico N° 23: Carta de diseño	66
Gráfico N° 24: Carta de diseño	67
Gráfico N° 25: Carta de diseño	68
Gráfico N° 26: Carta de diseño	69
Gráfico N° 27: Carta de diseño	70
Gráfico N° 28: Carta de diseño	71
Gráfico N° 29: Carta de diseño	72
Gráfico N° 30: Carta de diseño	73

Gráfico N° 31: Carta de diseño	74
Gráfico N° 32: Carta de diseño	75
Gráfico N° 33: Carta de diseño	76
Gráfico N° 34: Carta de diseño	77
Gráfico N° 35: Carta de diseño	78
Gráfico N° 36: Carta de diseño	79
Gráfico N° 37: Carta de diseño	80
Gráfico N° 38: Carta de diseño	81
Gráfico N° 39: Carta de diseño	82
Gráfico N° 40: Carta de diseño	83
Gráfico N° 41: Diseño de espesores de pavimentos flexibles (CBR)	84
<b>5. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS</b>	<b>85</b>
5.1 Método de AASHTO 1993, pavimentos rígidos	85
<b>Ejercicio paso a paso del Método de AASHTO 1993</b>	86
<b>5.2 Método de Portland Cement Association (PCA)</b>	93
<b>Ejercicio paso a paso Método de PCA</b>	94
5.3 Método del instituto de Asfalto (revisión 1981) para pavimentos flexibles	102
<b>Ejercicio paso a paso del método del Instituto de Asfalto</b>	102
5.4 Norma INVEAS, Versión revisada diciembre 2004	107
Ejercicios propuestos	113
<b>6. FALLAS EN PAVIMENTOS</b>	<b>118</b>
TIPOS DE FALLA	122
Piel de cocodrilo	122
Grietas de contracción	122
Grietas de borde	123
Grietas longitudinales y transversales	124
Grietas de reflexión de juntas de losas de concreto	125
Elevaciones	125
Corrugación	126
Depresiones	127

Desnivel calzada-hombrillo	127
Bache	127
Agregados pulidos	128
Huecos	128
Ahuellamientos	129
Deformaciones por empuje	130
Disgregación y desintegración	130
Exudación	131
CÓMO DISEÑAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA PAVIMENTOS	132
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>134</b>

## 1. DEFINICIONES BÁSICAS

A continuación se presenta una serie de definiciones que resultan fundamentales al momento de realizar el diseño de un pavimento y el análisis e inspección de fallas en el mismo.

### VIALIDAD Y TRÁNSITO

#### **1.1 Vialidad**

Es un conjunto de infraestructuras que forman la red de vías urbanas e interurbanas. El término vialidad también puede referirse al conjunto de normas y actividades relativas a la construcción y el mantenimiento de las calles y carreteras.

#### **1.2 Vía**

Es el espacio urbano lineal destinado al tránsito ya sea a pie o en vehículos, que permite ir de un lugar a otro.

#### **1.3 Calle**

Vía pública que se encuentra entre edificios, permitiendo el desplazamiento de personas y vehículos dentro de una localidad.



Figura 1: Calle

#### **1.4 Carretera**

Vía pública pavimentada dispuesta al tránsito de vehículos, generalmente a nivel interurbano.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.




Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar



Figura 2: Carretera

**1.5 Clasificación de la vía**

**Por su transitabilidad:**

Clasificación de la vía		
Por su transitabilidad		
Terracería	Su sección de proyecto se ha construido hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de seca.	
Revestida	Posee sobre la sub-rasante una o varias capas de material granular y es transitable en todo el tiempo	
Pavimentada	Posee sobre la sub-rasante el pavimento con todas sus capas.	

**Por su ubicación:**

Clasificación de la vía	
Por su ubicación	
Rurales o interurbanas	Permite la comunicación entre ciudades
Urbanas o suburbanas	Posibilitan la comunicación entre colonias y municipios conurbanos

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**Clasificación administrativa:**

Clasificación de la vía	
Administrativa	
Federales	Su construcción y mantenimiento se encuentra a cargo de la federación.
Estadales	Son vías cuya construcción es costeada 50 por ciento por el estado y 50 por ciento por la federación. Están a cargo de la junta local de camino.
Vecinales	Construidas entre vecinos, la federación y el estado. Se construye y conserva por medio de la junta local del camino.
De cuotas	A cargo de dependencias oficiales descentralizadas denominadas camino y puentes federales de ingreso y servicios conexos. Las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por un tiempo determinado, esta inversión la recuperan a través de las cuotas de paso.

**Por su importancia:**

Clasificación de la vía		
Por su importancia		
Principales	Son las troncales, transversales y de acceso a capitales que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país.	
Secundarios	Unen cabeceras municipales con las que vienen de otras cabeceras municipales y conectan con las vías principales.	

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**Por su divisoria central:**

Clasificación de la vía		
Por su divisoria central		
No dividida	No posee separador central	
Dividida	Existe un divisoria entre ambos sentidos de circulación, el ancho de divisoria puede ser hasta 24m	

**Por su accesibilidad:**

Clasificación de la vía		
Por accesibilidad		
Autopista	Es una vía de calzada dividida, cada sentido posee dos o más carriles. Proporciona un flujo completamente continuo, no existen interrupciones externas a la circulación y tienen control de acceso y salida.	
Vía expresa	Vía de calzada dividida, con dos o más carriles en cada sentido. Proporciona un flujo completamente continuo y tienen control total o parcial de acceso y salida.	
Colectoras	Son las vías que dan acceso directo a parcelas adyacentes y distribuyen o recogen el tráfico de pequeñas áreas cuyas parcelas son servidas por vías locales con las que tienen muchas intercepciones.	
Locales	Su función es dar acceso a las parcelas adyacentes, generalmente sin circulación de vehículos pesados.	

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**Según organismos oficiales venezolanos:**

Clasificación de la vía	
Según organismos oficiales	
Troncales	Contribuyen a la integración nacional y al desarrollo económico del país, provee la interconexión regional, nacional e internacional. Absorbe altos volúmenes de tránsito entre centros poblados de gran importancia.
Locales	Permiten comunicar centros poblados con vías de mayor importancia, reúnen el tránsito proveniente de ramales y sub-ramales.
Ramales	Conectan centro poblados de menor importancia y llegan a vías principales, recolectan tránsito proveniente de fincas, fundos y sitios aislados.
Sub-ramales	Acceso a fundos y centros aislados, incorporan al país regiones aisladas totalmente.
Caminos carreteros	Son vías cortas, conectan caseríos y vecinales

**Según el terreno:**

Clasificación de la vía	
Según el terreno	
Plano	Presenta pendiente promedio menor al seis por ciento.
Ondulado	Pendiente entre siete y 13 por ciento.
Montañoso	Pendiente entre 13 y 40 por ciento.

## **1.6 Acera**

Área pavimentada para uso peatonal localizada dentro del derecho de vía de las calles.

## **1.7 Tránsito**

El tránsito vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.

Existen aproximaciones matemáticas que intentan modelar el flujo de tránsito vehicular en términos de alguna de sus características. En este sentido, tenemos los modelos macroscópicos que se enfocan en captar las relaciones globales del flujo de tránsito, tales como velocidad de los vehículos, flujo vehicular y densidad de tránsito.

Por otra parte se tienen los modelos microscópicos que se enfocan en la descripción del comportamiento del flujo del tráfico vehicular describiendo las entidades discretas individuales, son modelos por lo general de conjuntos finitos o infinitos numerables.

El volumen de tránsito puede determinarse, de manera general según la ecuación 2.1.



Figura 3: tránsito

## **1.8 Aforo vehicular o conteo**

El aforo o conteo vehicular tiene por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o una intersección, es una muestra de los volúmenes para un periodo determinado. Para la obtención de información referente dichos volúmenes, existen diferentes métodos:

### **1.8.1 Aforos manuales**

Se registran los vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales, este método permite clasificar los vehículos por tipo, número de ellos que giran y los ocupantes de los mismos. Los recuentos suelen dividirse en 30 minutos e incluso 15 si el flujo vehicular es muy denso, para ello se deben preparar hojas de campo, como la que se muestra a continuación:

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

AFORO DE VEHICULOS  
HOJA DE CAMPO

Ubicación:			Fecha:				
Realizado por:			Hoja n°:				

HORAS		TIPO	GIRA HACIA _____	VA HACIA _____	GIRA HACIA _____	VA HACIA _____	TOTALES
DESDE	HASTA						
			SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	
			SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	
			SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	
			SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	
			SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	
			SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	SUMA PARCIAL: __	
TOTALES							

Tabla n°1: Hoja de campo para aforo o conteo de vehículos

Para realizar el conteo vehicular se debe definir el tramo de vía o esquina que se desea analizar y escoger un punto representativo de la misma, los observadores deben tener a mano la hoja de campo mostrada en la tabla n°1, la n°29 y lápiz.

Se debe realizar en días representativo de las actividades cotidianas de la zona, es decir debe ser un día laboral y con actividad escolar para estudiar el flujo vehicular en horas picos recomendadas, estas horas serían 6 am – 7 am, 12 pm 1 pm y 5 pm – 6 pm. Estas horas se dividen en intervalos de 15 minutos y así tabular los resultados en la tabla n°29.

En la hoja de campo se debe anotar la hora de inicio y fin, el tipo de vehículo, hacia donde gira y el sentido en que circula (hacia el norte, hacia el sur, hacia el este o hacia el oeste), debe realizarse una suma parcial de cada tipo de vehículo y sentido de circulación, para luego hacer una suma general, de este modo se obtiene la cantidad total de vehículos y la cantidad de cada uno de los tipos de vehículo.

Posteriormente se analizan estos datos obtenidos durante varios días, semanas o meses, para determinar los valores de tránsito promedio correspondientes.

### **1.8.2 Contadores mecánicos:**

Se emplean instrumentos para realizar el registro de vehículos, sin que se requiera de personal permanente. Dichos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos o hidráulicos.

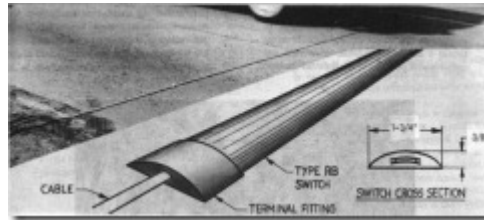


Figura 4: Contador vehicular de célula fotoeléctrica.

### **1.9 Tránsito Horario (THi)**

Es el número de vehículos que pasan durante una hora específica (i) por determinado punto, sección de un camino o intersección.

### **1.10 Tránsito Diario (TD)**

Es el número de vehículos que pasan durante un día por determinado punto, sección de un camino o intersección. Se calcula haciendo uso de la ecuación 2.2

### **1.11 Tránsito Mensual (TM)**

Es el número de vehículos que pasan durante un mes por determinado punto, sección de un camino o intersección. Se calcula haciendo uso de la ecuación 2.3

### **1.12 Tránsito Promedio Diario (TPD)**

Se obtiene haciendo uso de la ecuación 2.5 y se trata de un ajuste del tránsito diario (TD)

### **1.13 Tránsito Anual (TA)**

Es el número de vehículos que pasan durante un año por determinado punto, sección de un camino o intersección.

### **1.14 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)**

Es el volumen vehicular que presenta el promedio de todos los volúmenes diarios en un año. Para determinarlo se hace uso de la ecuación 2.7

### **1.15 Tránsito Diario Inicial (TDI)**

Es el número medio diario de vehículos que se han de esperar en el camino, durante el primer año de su operación, su valor es correspondiente al Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

### **1.16 Número de tránsito inicial (NTI)**

Para determinarlo se hace uso del gráfico de análisis de tránsito (ver gráfico n° 1) en la escala D se ubica el peso promedio de carga de los camiones pesados, en el eje C debe marcarse el número de camiones pesados en el carril de diseño, se unen ambos puntos con una recta, la cual debe prolongarse hasta cortar al eje B. Adicionalmente en el eje E se debe marcar el límite de carga legal para eje sencillo, se une este último punto con el marcado en B y se prolonga hasta el eje A, donde se obtiene el valor del NTI

### **1.17 Número de Tránsito para diseño (NTD)**

Es el promedio diario de cargas equivalentes a 8.2 toneladas o 18000 lb, dispuestas en un eje sencillo, que se esperan durante el periodo de diseño de la obra. Se obtiene al multiplicar el valor de NTI por un factor de corrección indicado en la tabla de Factores de corrección del NTI (Ver ecuación 2.8 y tabla n°2).

### **1.18 Número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N)**

Se trata del porcentaje de vehículos pesados que existirá en el primer año, calculado con base en datos de aforo y clasificación vehicular del tránsito correspondiente. (Ver ecuación

### **1.19 Clasificación de vehículos**

#### **1.19.1 Vehículos livianos**

Son todos los vehículos de dos ejes y cuatro ruedas, tales como: automóviles, camionetas y camiones de dos ejes con ruedas traseras sencillas.



Figura 5: vehículos livianos

#### **1.19.2 Vehículos pesados**

Son todos los autobuses y camiones, con no menos de seis ruedas y/o tres o más ejes individuales (eje trasero con cuatro ruedas, en el caso de vehículos de dos ejes). Se clasifican de acuerdo a las diferentes categorías señaladas en la Tabla 1, donde se indica tanto la nomenclatura que utiliza la Oficina de Planificación del Transporte

Terrestre(O.P.T.T) del Ministerio de Infraestructura, como la establecida en la Norma "COVENIN 2402-86.

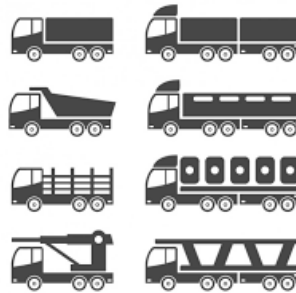


Figura 6: vehículos pesados.

En la tabla n°4 se muestra los tipos y características de los vehículos pesados, tal como el número de ejes por camión y la carga máxima total según establece la Norma COVENIN 614-1997.

### 1.19.3 Clasificación según el número de ejes

#### a) Ejes simples

Son ejes sencillos de dos o cuatro ruedas

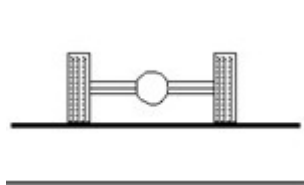


Figura 7: vehículo de eje simple.

#### b) Ejes tándem o dobles

Es el conjunto de dos ejes sencillos, separados entre 1.20 y 1.60m aproximadamente, que tienen una suspensión común.

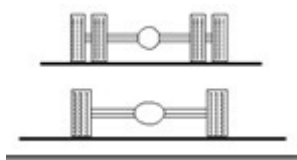


Figura 8: vehículo de eje tándem o doble

**c) Ejes triples**

Es el conjunto de tres ejes sencillos, separados entre 1.20 y 1.40m aproximadamente, pero no tienen una suspensión común. En la tabla N°4 se muestra esta clasificación.

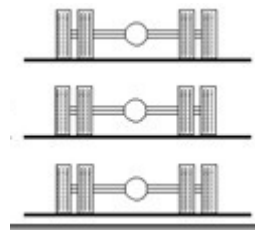


Figura 9: vehículo de eje triple

**1.20 Canal de diseño**

Es aquel canal de una vía que estará sometido a las condiciones más severas de carga y por lo tanto será el que controle el diseño del pavimento.

## PAVIMENTOS

### 1.21 Pavimento

Es una estructura vial constituida por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados, diseñadas para soportar cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales, con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable a los usuarios.

### 1.22 Tipos de pavimento

**1.22.1 Pavimento flexible:** es la estructura vial conformada por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados que a su vez se soportan sobre el terreno natural o subrasante (Ver figura 1). Los esfuerzos que generan las cargas vehiculares se disipan a través de cada una de las capas de la estructura, de tal forma que al llegar a la subrasante, la resistencia mecánica del suelo que la compone debe ser capaz de resistir dicho esfuerzo sin generar deformaciones que permitan el deterioro funcional o estructural de la vía.



Figura 10: Pavimento flexible

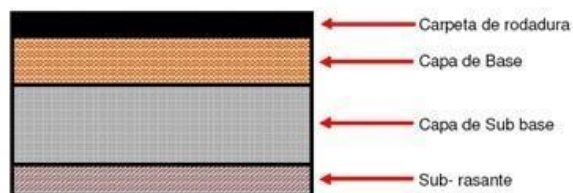


Figura 11: Corte transversal de un pavimento flexible

### Características de las capas de pavimento flexible

a) Carpeta de rodadura o carpeta asfáltica:

Es una capa de material pétreo, cementado con asfalto que se coloca sobre la base, que proporciona la superficie de rodamiento al mismo tiempo que impide la infiltración del agua de lluvia hacia las capas inferiores, debe ser diseñada de manera que resista la acción destructiva de los agentes climáticos y la carga de

los vehículos, pues estructuralmente esta superficie es la que soporta directamente las solicitaciones del tránsito, absorbiendo los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, ya que distribuye las cargas de los vehículos hacia capas inferiores, por medio de características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales que la componen, esta capa se pliega a las pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa

b) Base:

Esta capa del pavimento flexible situada bajo la carpeta asfáltica, su función principal es ser resistente para absorber la mayor parte de los esfuerzos verticales producidos por las cargas estáticas y dinámicas que generan los vehículos, para esto debe tener suficiente estabilidad estructural, rigidez y espesor, igualmente debe resistir cambios de volumen y ablandamientos. Su rigidez requerida corresponde a la intensidad del tránsito pesado, por tanto, para tránsito medio y ligero se emplean bases granulares, mientras que para tránsito pesado deben ser materiales granulares tratados con un cementante.

c) Sub-base:

Es la capa situada debajo de la base y sobre la subrasante, debe ser un elemento que brinde apoyo uniforme a la y debe constituir una plataforma de trabajo adecuada para la colocación y compactación de la misma. De igual manera debe ser permeable para que cumpla una acción drenante, por lo que los materiales usados no deben contener finos, el CBR debe ser mayor al de la subrasante, preferiblemente mayor al 20%.

d) Subrasante:

No forma parte del pavimento propiamente, sin embargo interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del mismo. Debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le transmite el pavimento, proporciona el nivel necesario para la sub base y aun en condiciones severas de humedad debe conservar la integridad del pavimento. Debe estar constituida necesariamente de suelos compactables al menos a un 95%.

**1.22.2 Pavimento rígido:** Este tipo de estructura está compuesta generalmente por una capa o losa de concreto hidráulico de 18 a 30 cm de espesor, soportada sobre una capa granular no tratada o estabilizada con cementantes hidráulicos (Ver figura 2). Debido al valor del módulo elástico elevado del concreto, los esfuerzos inducidos por el tráfico son esencialmente atenuados en flexión por la losa de concreto, y los esfuerzos de compresión se distribuyen en un área amplia y se transmiten al suelo en magnitudes muy pequeñas.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar



Figura 12: Pavimento rígido



Figura 13: Corte transversal de un pavimento rígido

**Características de las capas de pavimento rígido**

a) Losa de concreto:

Es la capa superior de la estructura del pavimento rígido, constituida de concreto hidráulico, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad la capacidad portante del pavimento se basa en esta capa más que en la subrasante. Transmite las cargas verticales sobre un área grande con una presión reducida.



Figura 14: Losa de concreto vial

b) Base:

Se coloca debajo de la losa de concreto para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento, con el paso de los vehículos.

c) Subrasante:

Al igual que en los pavimentos flexibles, es la capa de terreno ubicada debajo del pavimento, que debe resistir los esfuerzos que este le transmite.

### **1.23 Asfalto**

Es un material aglomerante, constituido por mezclas complejas de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular, originarios del petróleo crudo, en el cual están disueltos, pueden obtenerse por evaporación natural de depósitos localizados en la superficie terrestre, denominados Asfaltos naturales o por medio de procesos de destilación industrial cuyo componente predominante es el Bitumen.

La temperatura óptima de colocación de la mezcla asfáltica debe estar entre los 123 y 137 ° C. La norma INVEAS recomienda tomar 105°C como la temperatura mínima para aceptar que una mezcla pueda ser descargada desde los camiones y la temperatura de manufacturación en la planta debe estar entre los 148 y 160 °C.

### **1.24 Periodo de diseño**

Es el periodo seleccionado en años, para el cual se diseña un pavimento de manera que soporte el efecto acumulativo del tránsito durante dicho tiempo, al finalizar este periodo puede esperarse que el pavimento requiera trabajos de rehabilitación, para garantizar el adecuado nivel de transitabilidad de la vía.

### **1.25 Pavimentos transitorios**

Se consideran pavimentos transitorios a aquellas soluciones de pavimentación de corto plazo (1 a 3 años). No se espera que la estructura pueda ser reforzada o ser reutilizada al término de su vida útil.

### **1.26 Pavimentos para Bajo Volumen de Tránsito**

El diseño de este tipo de pavimentos considera una estructura no transitoria, es decir considera una estructura de pavimento que soportará el tránsito de diseño y, que en la eventualidad de aumentar el volumen de tránsito, esta puede ser reforzada sin modificar significativamente la estructura del pavimento existente.

### **1.27 Pavimentos para Caminos de Tránsito Pesado**

Se considera dentro de esta categoría aquellos caminos cuyo porcentaje de vehículos pesados es mayor a 15-20% del flujo total.

### **1.28 Módulo de reacción de la subrasante**

Es el valor de la capacidad de soporte del suelo, la cual depende del Módulo de resiliencia de la subrasante y sub base y del Módulo de elasticidad de la sub base.

### **1.29 Fallas**

Es el conjunto de daños que presenta un pavimento y que disminuyen la serviciabilidad y funcionalidad del mismo, frecuentemente estas fallas se presentan debido a un mal diseño o defectos constructivos. Estos deterioros afectan

significativamente la capacidad de soportar las solicitaciones para las cuales fue diseñado inicialmente el pavimento. Estas fallas pueden clasificarse en:

**1.29.1 Fallas funcionales:** se produce una falla en la capacidad funcional del pavimento, es decir, se pierde la función inicial de diseño. Están estrechamente ligadas a la carpeta asfáltica, se pierde la calidad de la superficie de rodadura y no se tiene una adecuada fricción superficial. Se pueden detectar por simple inspección visual.

**1.29.2 Fallas estructurales:** son fallas graves, ya que involucran al paquete estructural, se originan cuando se produce la falla estructural en una o varias capas del pavimento, lo que ocasiona el rompimiento del mismo.

Más adelante, en el desarrollo de esta guía encontrará una sección dedicada específicamente a las fallas en pavimentos, donde se expresa detalladamente los tipos de falla que se pueden presentar en el pavimento.

### **1.30 Confiability en el diseño (R)**

Es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o periodo de diseño, soportando las cargas impuestas por el tránsito y así mismo brindando seguridad y confort al usuario. Por lo tanto este término está asociado a la aparición de fallas en el pavimento, este valor puede definirse en términos de ESAL, como se muestra en la ecuación

### **1.31 Serviciabilidad**

Se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5.

### **1.32 Transferencia de carga**

Es la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir fuerzas cortantes con sus losas adyacentes, con el objeto de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento, mientras mejor sea la transferencia de cargas mejor será el comportamiento de las losas del pavimento.

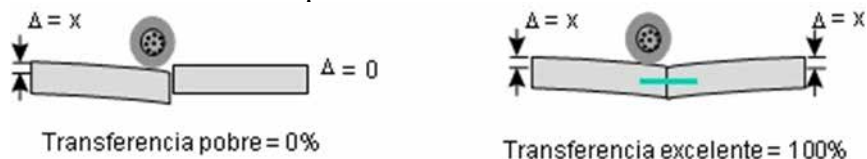


Figura 15: Transferencia de carga.

### **1.33 Factor equivalente de Carga**

Es el daño proporcionado al pavimento a partir de la relación existente entre el peso que ejerce el eje con una carga cualquiera y el eje patrón. (Ver ecuación 2.11)

### **1.34 Juntas**

Son discontinuidades en el pavimento rígido, dispuestas tanto en el sentido longitudinal como en el transversal; tienen por objeto controlar agrietamientos que se

producen por efectos de temperatura (retracción, expansión y alabeo) y racionalizar la construcción.



Figura 16: Juntas

### **1.35 Pasadores de acero en juntas de pavimento rígido**

Son barras de acero liso, generalmente de sección circular, que se colocan en las juntas con el objeto de transferir cargas y deformaciones entre losas contiguas.

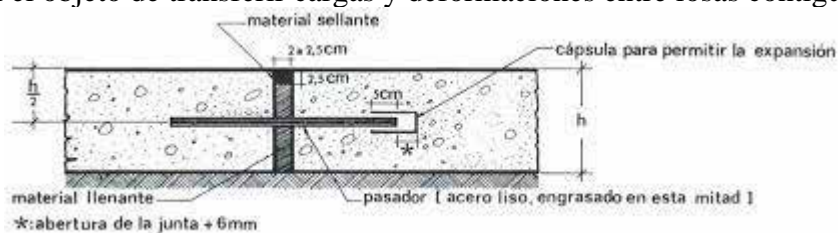


Figura 17: Vista de junta y pasador de acero

### **1.36 Maquinaria requerida para la construcción de pavimentos**

#### **Camión Tolva**

Destinado al transporte de material árido y mezclas asfálticas, posee un gran depósito metálico trasero montado sobre el chasis del vehículo. Para su correcto uso se deben realizar mantenimiento periódicamente y para transportar mezclas asfálticas se debe aplicar lubricante para evitar que la mezcla se adhiera a la caja y cubrir para evitar el enfriamiento rápido de la mezcla, al momento de vaciado se debe hacer a velocidad baja y constante.



Figura 18: Camión tolva.

#### **Camión Mixer**

Este camión cuenta con un compartimiento mezclador de concreto, el cual permite transportarlo sin que se endurezca ni pierda propiedades. En la planta se vierten los elementos y el tambor mezclador los homogeniza. Cuando el camión llega al sitio destino, el operador descarga la mezcla por el canal de descarga y luego debe hacer una limpieza exhaustiva de la tolva para evitar que queden residuos adheridos.



Figura 19: camión mezclador o Mixer.

#### **Camión cisterna o tanque**

Tiene en la parte trasera un tanque que permite transportar el agua para llevarla al lugar de la obra, con el fin de humedecer y ayudar a la compactación del terreno.



Figura 20: camión cisterna

### **Compactadores**

Se utilizan luego del extendido de las diferentes capas de la estructura con el fin de lograr las densidades requeridas y así obtener las máximas resistencias, dentro de los compactadores se tiene:

-**Compactador vibratorio tipo rodillo**: se utiliza en capas relativamente gruesas, dado que las vibraciones producen una mejor compactación, especialmente en suelos no cohesivos. Esta maquinaria está compuesta de uno o dos rodillos de llanta lisa, impulsada por ruedas neumáticas, que ejercen una fuerza de compactación que es combinación de su peso y vibración de sus rodillos, esta vibración es generada por cargas excéntricas ubicadas en los rodillos. Poseen un diámetro que varía entre 0,9 m y 1,5 m y un ancho entre 1,2 m y 2,4m.



Figura 21: compactador vibratorio de rodillo.

- **Rodillos lisos estáticos**: Poseen una o dos llantas metálicas lisas para la compactación de las capas o mezclas asfálticas. La fuerza de compactación es ejercida por su peso, por lo que deben ser más pesados que los rodillos vibratorios, este peso varía entre 3 y 14 toneladas.



Figura 22: compactador de rodillo liso estático.

-**Rodillos neumáticos**: poseen dos filas de 3 a 6 ruedas. La presión de compactación que ejercen los neumáticos es alta y permite capas de grosores considerables, la textura superficial de los neumáticos le otorga al pavimento la rugosidad necesaria para obtener una buena adherencia entre capas sucesivas.



Figura 23: compactador de rodillo neumático.

### **Pavimentadora**

Es la encargada de distribuir y darle forma al asfalto. Consta de una unidad tractora y una unidad extendedora. La primera produce la fuerza motriz y posee una tolva para recibir el material y transportarlo hacia la unidad extendedora. Se compone de brazos extensores, una placa maestra, un dispositivo compactador, sensores de pendiente y un dispositivo de regulación de espesor, la cual se consigue variando la inclinación de la placa maestra hasta equilibrar las fuerzas. La velocidad de aplicación de esta máquina varía entre 1 y 10 km/h.

Para determinar el rendimiento de una pavimentadora se hace uso de la ecuación 2.14. ( Ver sección 2).



Figura 24: Pavimentadora.

### **Barredora**

Son máquinas autopropulsadas que poseen brazos hidráulicos con rodillos de fibra natural, de acero o sintéticas con una dureza tal que no dañe la superficie del pavimento. Se utilizan antes de la colocación de riegos o capas asfálticas con el fin de eliminar las partículas sueltas, polvo o cualquier material que pueda afectar la adherencia entre capas. Las velocidades de trabajo son de 3 a 4 km/h y el número normal de pasadas es de 3 a 4 para lograr una limpieza correcta de la superficie.



Figura 25: Barredora.

### **1.37 Resistencia a flexión del hormigón**

La resistencia del hormigón a la flexión es considerada en el procedimiento de diseño mediante el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento del pavimento bajo las cargas repetitivas de camiones.

El pandeo de un pavimento de hormigón bajo cargas axiales produce esfuerzos de compresión y flexión. Sin embargo, las relaciones de los esfuerzos y resistencias de compresión son demasiado pequeñas para influenciar en el diseño del espesor de la losa. Las relaciones de los esfuerzos y resistencias de flexión son mucho más altas, excediendo a menudo los valores de 0.5. Como resultado, los esfuerzos flexores y la resistencia a la flexión del hormigón son usados en el diseño de espesores.

## SUELOS

### **1.37 Clasificación de los suelos**

Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente se usan dos sistemas de clasificación, Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación SUCS

#### **1.37.1 Sistema de clasificación AASHTO**

Es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzagui y Hogentogler en 1928, está basado en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el límite plástico. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se realiza por medio del índice de grupo, calculado a partir de una ecuación empírica.

El comportamiento geotécnico de un suelo varía inversamente con su índice de grupo, es decir que un suelo con índice de grupo igual a cero indica que es material “bueno” para la construcción de carreteras, mientras que un índice de grupo igual o mayor a 20, representa un material muy malo.

Este método clasifica los suelos en tres principales categorías, suelos granulares de los cuales 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N° 200. Estos suelos constituyen los grupos A-1, A-2 y A-3. Así mismo, se tienen los suelos limo-arcilla o material fino, cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra, este tipo de suelo constituye los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Mientras que los suelos orgánicos, están constituidos principalmente por materia orgánica y constituyen el grupo A-8.

La clasificación según AASHTO, adopta los siguientes tamaños de partículas:

Cantos rodados: son fragmentos de roca, usualmente redondeados producto de la abrasión, que son retenidos en el tamiz de 3” (75mm).



Figura 26: Cantos Rodados

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Grava: Es la fracción que pasa el tamiz de 3" (75mm) y es retenido en el tamiz N°10 (2 mm)



Figura 27: Grava

Arena: comprende la fracción que pasa el tamiz N° 10° y es retenido en el tamiz N° 200 (0.075mm)



Figura 28: Arena

Limo y arcilla: son las partículas que pasan el tamiz N° 200.

Si existieran partículas que queden retenidas en el tamiz de 3", estas deben ser excluidas de la muestra de suelo a clasificar, dado que esta clasificación sólo considera la porción que pasa dicho tamiz.

De igual manera, el índice de plasticidad permite diferenciar los suelos limosos, que tiene un índice de plasticidad igual o menor a 10, de los suelos arcillosos, que tienen un índice de plasticidad igual o mayor a 11.

**GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.**

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más del 35% pasa el tamiz #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Tamizado % que pasa												
N° 10 (200mm)	≤50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N° 40 (0.0425mm)	≤90	≤50	≥51	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N° 200 (0.075mm)	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	≥36
Consistencia												
Límite líquido	...		N.P.	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≥41
Índice de plasticidad	≤6			≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11
Índice de grupo	0	0		0		≤4		≤8	≤12	≤20		≤20
Tipo de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limoarcillosos		Suelos arcillosos		
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo				

**Procedimiento de clasificación de suelos según AASHTO:**

Para clasificar los suelos bajo este sistema se hace uso de la tabla N° 6, inicialmente debemos conocer qué porcentaje del suelo pasa a través del tamiz N° 200.

-Según el valor del % de suelo que pasa el tamiz 200, se ingresa en la parte superior de la tabla, si el porcentaje es menor al 35%, se ingresa en la columna de materiales granulares, de lo contrario se ingresa en la de materiales limo arcillosos.

-Posteriormente se hace un proceso de eliminación de izquierda a derecha en la tabla, el primer grupo en el que los datos se ajustan adecuadamente en todos los tamices y con el límite líquido e índice de plasticidad, es la clasificación correcta.

**1.37.2 Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS)**

Este sistema, presentado por Arthur Casagrande, describe la textura y tamaño de las partículas de un suelo y puede aplicarse a la mayoría de los materiales sin consolidar y permite clasificar suelos cuyos tamaños sean menores de 3". Para la clasificación se debe conocer la granulometría del suelo y se realiza haciendo uso de la tabla N° 7.

Distingue los suelos de grano grueso y fino según el tamizado del material por el tamiz N° 200. Siendo así, los suelos gruesos corresponden a los que más del 50% de las partículas son retenidas en dicho tamiz, mientras que los finos son los que más del 50% lo pasan.

Se designan los suelos por símbolo de grupo, el cual consta de un prefijo, que son las iniciales de los nombres en inglés de los principales tipos de suelo, grava, arena,

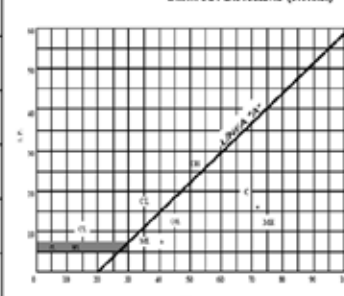
**GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.**

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas, así como un sufijo que indica subdivisiones dentro de cada grupo.

Los suelos gruesos dentro de esta clasificación se dividen en graves y arena, si más del 50% del suelo es retenido en el tamiz N° 4, se considera grava, de lo contrario pertenece al grupo de arena. Por su parte, los suelos finos se dividen en limos inorgánicos, arcillas inorgánicas y limos y arcillas orgánicas. A su vez cada uno se subdivide según su límite líquido (LL) en dos grupos; si el límite líquido es menor de 50 pertenece a la subdivisión L (poca compresibilidad), mientras que si es mayor a 50 es subdivisión H (alta compresibilidad). (ver tabla n°7 de la sección 3 de esta guía)

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)  
INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN**

DIVISIÓN MAYOR	SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
<b>SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 Ø	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenido por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN USAR EL MÓDULO DE LA MALLA No. 4	<b>GW</b> Gravas bien graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de limo.	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD $C_u$ : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA $C_c$ : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW. LÍMITES DE ATTERBERG ARAJO DE LA "LÍNEA A" O LP MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON LP MAYOR QUE 7. Areña de la "línea A" y con LP entre 4 y 7 son casos de símbolos dobles. Bontura que requieren el uso de símbolos dobles.	
		<b>GP</b> Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de limo.		
		<b>GM</b> Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo.		
		<b>GC</b> Gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla.		
		<b>SW</b> Arenas bien graduadas, arena con grava, con poco o nada de limo.		
		<b>SP</b> Arenas mal graduadas, arena con grava, con poco o nada de limo.		
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN USAR EL MÓDULO DE LA MALLA No. 4 EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	<b>SM</b> Arenas limosas, mezcla de arena y limo.		$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW.
		<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.		
		<b>ML</b> Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arcillosos o arcillosos ligeramente plásticos.		
		<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pedregosas.		
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Ø. Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	<b>LIMOS Y ARCILLAS LINDOS Y ARCILLAS</b> Límite Líquido menor de 50	<b>OL</b> Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo C - Arcilla, W - Bien Graduada, P - Mal Graduada, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad <b>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</b> 	
		<b>MH</b> Limos inorgánicos, limos micáceos o distomáceos, más elásticos.		
	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Límite Líquido Mayor de 50	<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
		<b>OH</b> Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>		<b>P</b> Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

\*\* CLASIFICACIÓN DE FRONTERA: LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS. POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.  
 \* TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.  
 † LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES J Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFIO J SE USA CUANDO EL LL ES DE 28 O MENOS Y EL LP ES DE 6 O MENOS. EL SUFIO u ES USADO CUANDO EL LL ES MAYOR QUE 28.

**Procedimiento de clasificación de un suelo según SUCS**

Haciendo uso de la tabla N° 7 y conociendo la granulometría del suelo, se ingresa en dicha tabla de izquierda a derecha.

- Verificar el porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200, si más del 50% del suelo es retenido en este tamiz, se trata de un suelo de partículas gruesas y se ingresa en la primera mitad de la tabla. En caso de que más del 50% del suelo pasa dicho tamiz, se trata de un suelo de partículas finas por lo que se ingresa en la parte inferior de la tabla.
- Si se trata de un suelo de partículas gruesas se debe verificar la cantidad de esta fracción gruesa retenido en el tamiz N° 4, si más del 50% es retenido se trata de un grava, de lo contrario es arena.

Si se trata de un suelo fino, para diferenciar entre las subdivisiones se analiza el límite líquido, si es menor de 50 se trata suelos de baja compresibilidad (ML, CL u OL). Si por el contrario es mayor a 50 se trata de suelo de alta compresibilidad (MH, CH u OH).

### **1.38 Límite líquido de un suelo**

Es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo.

### **1.39 Límite de plasticidad de un suelo**

Es el contenido de humedad para el cual el suelo cambia del estado plástico al semisólido. El índice de plasticidad se determina según la ecuación 2.13, cuando se obtiene un valor bajo, significa que con un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a líquido, es decir resulta sensible a cambios de humedad. Mientras que un índice de plasticidad elevado indica que para cambiar de estado semisólido a líquido se debe agregar gran cantidad de agua.

### **1.40 Californian Bearing Ratio (C.B.R)**

El ensayo de C.B.R se utiliza para evaluar la capacidad portante de un suelo compactado, esta prueba consiste básicamente en compactar un terreno en moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado, con el fin de determinar la carga que se requiere aplicar sobre dicho pistón para introducirlo en la muestra de suelo a una velocidad determinada, hasta obtener una penetración de 2,54mm. Este procedimiento permite determinar el índice de C.B.R que es la relación entre la carga determinada y la que se obtiene por el mismo procedimiento para una muestra tipo de roca machacada, el valor de este índice se expresa en porcentaje y permite conocer la resistencia del suelo al corte bajo condiciones de humedad y densidad controladas, cuando se tienen valores cercanos a 0% representa un suelo de calidad pobre, mientras mayor sea el CBR mejor será la calidad del suelo.

Dentro del diseño de pavimentos el C.B.R nos permite evaluar la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub-bases y bases granulares. La tabla N°

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

8, nos muestra algunos valores referenciales de C.B.R y sus usos y suelos a los que pertenece.

No. CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			SUCS	AASHTO
0 a 3	Muy pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 a 7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 a 20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 a 50	Bueno	Sub base y base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1b A2-5, A-3, A2-6
Mayor a 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A-3

## 2. ECUACIONES

### 2.1 Volumen de tránsito (Q)

$$Q = N/T$$

Dónde:

Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo

N: Número total de vehículos que pasan.

T: Periodo determinado.

### 2.2 Tránsito Diario (TD)



Dónde:

THi: Es el número de vehículos que pasan durante una hora específica (i) por determinado punto, sección de un camino o intersección.

### 2.3 Tránsito mensual (TM)



Dónde: TDi: Es el número de vehículos que pasan durante un día específico del mes (i) por determinado punto, sección de un camino o intersección.

### 2.4 Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)



Dónde:

TM: Tránsito mensual (ver ecuación 2.3)

Núm. días mes: varía entre 28,29,30 y 31 según el mes en cuestión.

### 2.5 Tránsito promedio diario (TPD)



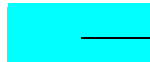
Dónde:

TD: Tránsito diario

Fm: factor de ajuste mensual (ver ecuación 2.5)

Fd: factor de ajuste diario (ver ecuación 2.6)

### 2.6 Factor de ajuste mensual (Fm)



Dónde:

TPDA: Tránsito promedio diario anual (ver ecuación 2.8)

TPDM: Tránsito promedio diario mensual (ver ecuación 2.4)

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**2.7 Factor de ajuste diario (Fd)**

$$F_d = \frac{TPDM}{TDD}$$

Dónde:

TPDM: Tránsito promedio diario mensual (ver ecuación 2.4)

TDD: Tránsito diario de un día en específico.

**2.8 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)**

$$TPDA = \frac{TA}{N_d}$$

Dónde:

TA: Es el promedio total del volumen de flujo de tránsito de vehículos en un año.

Núm. de días contabilizados: Por lo general son 365 días, pero en algunas ocasiones faltan datos de algunos días, por lo que este número debe ajustarse al número de días con datos conocidos.

**2.9 Número de tránsito para diseño (NTD)**

$$NTD = NTI \cdot C$$

Dónde

NTI: número de tránsito inicial

Factor de corrección: se determina según la tabla n° 2.

**2.10 Número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N)**

$$N = \frac{A \cdot B}{100}$$

Dónde:

A: es el porcentaje de camiones pesados en dos direcciones.

B: es el porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño, cuyo valor se obtiene de la tabla n° 3.

**2.11 Factor equivalente de carga**

$$F_c = \left( \frac{P_i}{P_e} \right)^N$$

Dónde:

Pi: Carga en eje

Pe: Carga patrón

N: exponente

**2.12 Confiabilidad**

$$C = \frac{N_t}{N_T}$$

Dónde:

Nt: Número de ESAL de 80 kN que llevan pavimento a su serviciabilidad final

NT: Número de ESAL de 80 kN previstos que actuarán sobre el pavimento en su periodo de diseño.

Dado que Nt y NT tienen una distribución normal, la diferencia entre ambas, también tendrá una distribución normal, como se puede apreciar en el gráfico N° 2.

**2.13 Índice de plasticidad (IP)**

$$IP = \frac{W_p - W_{pL}}{100}$$

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.  
Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Dónde:  
LL: límite líquido  
LP: Límite plástico

**2.14 Rendimiento de una Pavimentadora**



Dónde:  
V: Velocidad de tránsito (m/hora)  
L: Ancho de la máquina (m)  
e: espesor de la carpeta  
FE: factor de efectividad (característica de la máquina).

**2.15 Módulo de Resiliencia (MR)**



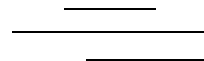
Dónde:  
CBR: California Bearing Ratio.



Dónde:

Po: índice de serviciabilidad inicial  
Pt: índice de serviciabilidad terminal de diseño.

**2.17 Ecuación de AASHTO 1993, espesor de pavimentos**



GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**3. TABLAS**

Factores de corrección del NTI, para obtener NTD

Periodo de diseño en años	Tasa de Crecimiento anual del tránsito					
	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.24	1.49	1.84	2.29	2.86
15	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	1.50	3.68	5.57	8.62	13.55

Tabla n° 2: Factores de corrección del NTI

Porcentaje del total de vehículos pesados en el carril de diseño	
Numero de carriles totales	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45(35-48)*
6 o más	40(25-48)*
*Probable rango	

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Tabla n° 3: Porcentaje del total de vehículos pesados en el carril de diseño














NÚMERO DE REMOLQUES	DESIGNACIÓN COVENIN 654	TIPO DE VEHICULO	EJES TOTALES	EJES EMPLES	EJES TANDEM	EJES TRIPLES	CARGA MAX. PERMISIBLE (t)
	2RD	2 Ejes  Camión o autobús de dos ejes.	2	2			19.0
	O-3E	3 Ejes  Camión de tres ejes.	3	1	1		26.0
	2-S1	2 S 1  Camión tractor con dos ejes y semirremolque con un eje.	3	3			32.0
	2-S2	2 S 2  Camión tractor con dos ejes y semirremolque con dos ejes.	4	2	1		37.0
	2-S3	2 S 3  Camión tractor con dos ejes y semirremolque con tres ejes.	5	2		1	42.0
	3-S1	3 S 1  Camión tractor con tres ejes y semirremolque con un eje.	4	2	1		37.0
	3-S2	3 S 2  Camión tractor con tres ejes y semirremolque con dos ejes.	5	1	2		46.0
	3-S3	3 S 3  Camión tractor con tres ejes y semirremolque con tres ejes.	6	1	1	1	48.0
REMOLQUE	2 R 2	 Camión con dos ejes y remolque con dos ejes.	4	4			42.0
REMOLQUE	2 R 3	 Camión con dos ejes y remolque con tres ejes.	5	3	1		46.0
REMOLQUE	3 R 2	 Camión con tres ejes y remolque con dos ejes.	5	3	1		48.0
REMOLQUE	3 R 3	 Camión con tres ejes y remolque con tres ejes.	6	2	2		48.0
REMOLQUE	3 R 4	 Camión con tres ejes y remolque con cuatro ejes.	7	1	3		48.0

Tabla N°4: Tipos y características de los vehículos pesados que circulan normalmente por la red vial venezolana, con indicación del número de ejes por camión y la carga máxima total de acuerdo a la Norma COVENIN 614-1997

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar



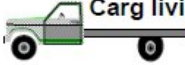

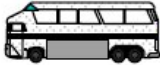

Nomencl. O P T T	Designac. COVENIN 614	TIPO DE VEHÍCULO
Liviano	Liviano	 Vehículo de pasajeros
2RD	2 Ejes	 Autobús de 2 ejes
2RD	2 Ejes	 Carg liviana -Camión 350 o similar
2RD	2 Ejes	 Carg pesad - Camión 750 o similar
O-3E	3 Ejes	 Autobús de 3 ejes.
O-3E	3 Ejes	 Camión de 3 ejes.

Tabla N° 5: Clasificación de vehículos según nomenclatura OPTT y Designación COVENIN 614

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más del 35% pasa el tamiz				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Tamizado % que pasa												
N° 10 (200mm)	≤50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
N° 40 (0.0425mm)	≤30	≤50	≥51	...	...	...	...	...	...	...	...	
N°200 (0.075mm)	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	
Consistencia												
Límite líquido	...	N.P	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≥41	
Índice de plasticidad	≤6		≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11	
Índice de grupo	0	0	0	≤4			≤8	≤12	≤20	≤20		
Tipo de materiales característicos	Cantos, grava y arena	Aren a fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limoarcillosos		Suelos arcillosos			
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo				

Tabla N° 6: Clasificación de suelos según sistema AASHTO

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)**  
INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPÍAS Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD $C_u$ : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA $C_c$ : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$  NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.  LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.  LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.  $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.  No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW  LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.  LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM	d		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo
			u			
		ARENAS LIMPÍAS Poco o nada de partículas finas	GC			Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla
			SW			Areñas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENA LIMPÍAS Poco o nada de partículas finas	SP	Areñas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		
			* SM	d	Areñas limosas, mezclas de arena y limo.	
		u				
		SC		Areñas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad  <b>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</b> 	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
OL			Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomeos, más elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		p	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

\*\* CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.

\* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS UNICAMENTE. LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL LP. ES DE 6 O MENOS. EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Tabla N° 7: Clasificación de suelos según SUCS

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

No. CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			SUCS	AASHTO
0 a 3	Muy pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 a 7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 a 20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 a 50	Bueno	Sub base y base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1b A2-5, A-3, A2-6
Mayor a 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A-3

Tabla N° 8: Valores referenciales de C.B.R, usos y suelos

C.B.R	Clasificación
0 a 5	Subrasante muy mala
5 a 10	Subrasante mala
11 a 20	Subrasante regular o buena
21 a 30	Subrasante muy buena
31 a 50	Subrasante buena
51 a 80	Base buena
81 a 100	Base muy buena

Tabla N° 9: Calidad de la sub-rasante, sub-base y base, según C.B.R

Intensidad de tránsito de vehículos con capacidad de carga igual o superior a 3 ton métricas, considerado en un solo sentido	Curva aplicable para proyecto de espesores	Espesor mínimo de base
Menos de 500 vehículos al día	IV	12 cm
de 500 a 1000 vehículos al día	III	12cm
de 1000 a 2000 vehículos al día	III	15cm
Más de 2000 vehículos al día	I	15cm

Tabla N° 10: Espesor mínimo de base, según intensidad de tránsito

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Tipo de Carpeta asfáltica	Espesor de la carpeta en cm				
	Tránsito muy liviano	Tránsito liviano	Tránsito medio	Tránsito pesado	Tránsito muy pesado
Tratamiento superficial simple	1	1	-	-	-
Tratamiento superficial doble	1,5	1,5	1,5	-	-
Mezcla en el lugar	2	3	4	6	-
Mezcla en planta dosificada por volumen	2	3	4	6	-
Concreto asfáltico, dosificado con planta por peso y con C.A.	2	3	4	6	8

Tabla N° 11: Espesor de carpeta asfáltica, según tipo de carpeta y de tránsito

ID	Características del tránsito	Aprox. CE
1	Vehículos de pasajeros y camiones livianos. Ningún camión del Grupo 2	1 a 5
2	Tránsito medio liviano menores a 1000 veh/ día. 10% en Grupo 2 y ninguno del Grupo 3.	6 a 20
3	Tránsito medio con mas de 3000 veh/ día. Más del 10% del Grupo 2 más Grupo 3. 1% de vehículos de Grupo 3.	21 a 75
4	Tránsito medio pesado arriba de 6000 veh/día. Más del 15% Grupo 2 más Grupo 3. 10% vehículo del Grupo 3.	76 a 250
5	Tránsito pesado de 6000 veh/ día. Máx. 25% Grupo 2 más Grupo 3 y 15% Grupo 3	251 a 900
6	Tránsito muy pesado excediendo los 6000 veh/ día. Arriba de 25% Grupo 2 o Grupo 3.	901 a 3000

Tabla N° 12: Carga equivalente (CE), según ID y características del tránsito.

Tipo de pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm2	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Tabla N° 13: Valores del Módulo de Rotura de acuerdo a la clasificación funcional del camino.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Tipo de material	Pérdida de soporte (LS)
Base granular tratada con cemento (E=1.000.000 a 2.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas de agregados con cemento (E=500.000 a 1.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Base tratada con asfalto (E=350.000 a 1.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas estabilizadas con bitumen (E=40.000 a 300.000 psi)	0,0 a 1,0
Estabilizado con cal (E=20.000 a 70.000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales granulares no ligados (E=15.000 a 45.000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales de subgrado naturales o Suelos de grano fino (E= 3.000 a 40.000 psi)	2,0 a 3,0

Tabla N° 14: Rangos típicos de los factores de pérdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales.

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 a 99,9	80 a 99,9
Arterias principales	80 a 99	75 a 95
Colectoras	80 a 99	75 a 95
Locales	50 a 80	50 a 80

Tabla N° 15: Niveles sugeridos de confiabilidad, de acuerdo a la clasificación funcional del camino.

Confiabilidad, R (%)	Desviación estándar normal, ZR
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Tabla N° 16: Valor de la desviación estándar normal ZR, correspondientes a los niveles de confiabilidad R.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Hombros	Asfalto		Concreto	
	Si	No	Si	No
Dispositivo de transferencia				
Pavimento con juntas simples y juntas reforzadas	3,2	3,8 a 4,4	2,5 a 3,4	3,6 a 4,2

Tabla N° 17: Valores del coeficiente de transferencia de carga.

Calidad del drenaje		% del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercana a saturación.			
Condición	Tiempo evacuación	Menor que 1%	1 a 5 %	5 a 25%	Mayor que 25%
Excelente	2 horas	1.40 a 1.35	1.35 a 1.30	1.30 a 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 a 1.25	1.25 a 1.15	1.15 a 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25 a 1.15	1.15 a 1.05	1.00 a 0.80	0.80
Malo	1 mes	1.15 a 1.05	1.05 a 0.80	0.80 a 0.60	0.60
Muy malo	No drena	1.05 a 0.95	0.95 a 0.75	0.75 a 0.40	0.40

Tabla N° 18: Valores de coeficiente de drenaje

Número de carriles	Factor de Carril
1	1.00
2	0.80 a 1.00
3	0.60 a 0.80
4	0.50 a 0.75

Tabla N° 19: Factor de distribución por carril

Espesor pavimento (cm)	Diámetro del pasador (pulg)	Longitud Total (cm)	Separación (cm)
10	1/2	25	30
11 a 13	5/8	30	30
14 a 15	3/4	35	30
16 a 18	7/8	35	30
19 a 20	1	35	30
21 a 23	1 1/8	40	30
24 a 25	1 1/4	45	30
26 a 28	1 3/8	45	30
29 a 30	1 1/2	50	30

Tabla N° 20: Requisitos mínimos para pasadores de acero en juntas de pavimentos

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

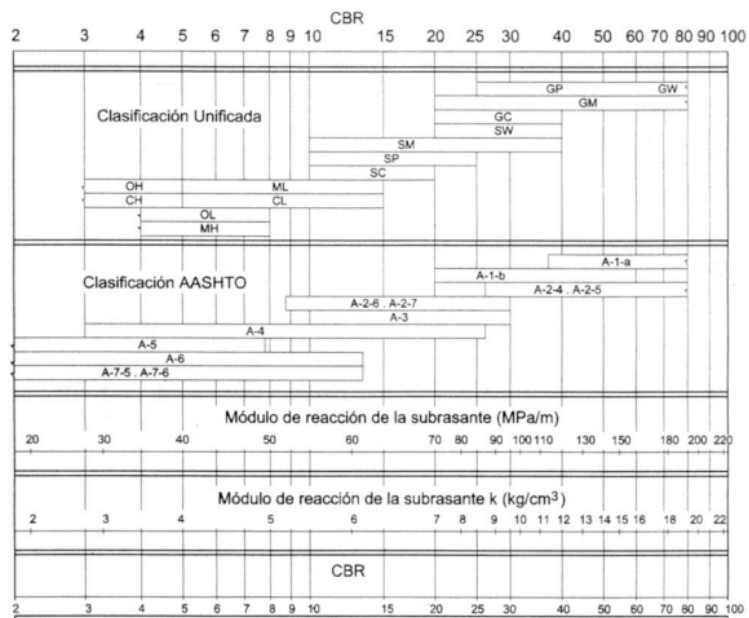


Tabla N° 21: Valores de CBR y Módulo de reacción de la subrasante, según tipo de suelo.

Efecto de la subbase granular sobre los valores de K									
Valor de k para sub-rasante		Valor de K para subbase por combinada							
		100 mm		150mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Tabla N° 22: Valores de K para sub-base por combinada

Tasa anual de crecimiento de tráfico	Factor de Proyección, 20 años	Factor de Proyección, 40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Tabla N° 23: Tasas anuales de tráfico y factores de proyección correspondientes.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Espesor de losas (m.m.)	K combinado (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42/4.39	4.75/3.83	4.38/3.59	4.13/3.44	3.66/3.22	3.45/3.15
110	4.74/3.88	4.16/3.35	3.85/3.12	3.63/2.97	3.23/2.76	3.06/2.68
120	4.19/3.47	3.69/2.98	3.41/2.75	3.23/2.62	2.88/2.40	2.73/2.33
130	3.75/3.14	3.30/2.68	3.06/2.46	2.89/2.33	2.59/2.13	2.46/2.05
140	3.37/2.87	2.97/2.43	2.76/2.23	2.61/2.10	2.34/1.90	2.23/1.83
150	3.06/2.64	2.70/2.23	2.51/2.04	2.37/1.92	2.13/1.72	2.03/1.65
160	2.79/2.45	2.47/2.06	2.29/1.87	2.17/1.76	1.95/1.57	1.86/1.50
170	2.56/2.28	2.26/1.91	2.10/1.74	1.99/1.63	1.80/1.45	1.71/1.38
180	2.37/2.14	2.09/1.79	1.94/1.62	1.84/1.51	1.66/1.34	1.58/1.27
190	2.19/2.01	1.94/1.67	1.80/1.51	1.71/1.41	1.54/1.25	1.47/1.18
200	2.04/1.90	1.80/1.58	1.67/1.42	1.59/1.33	1.43/1.17	1.37/1.11
210	1.91/1.79	1.68/1.49	1.56/1.34	1.48/1.25	1.34/1.10	1.28/1.04
220	1.79/1.70	1.57/1.41	1.46/1.27	1.39/1.18	1.26/1.03	1.20/0.98
230	1.68/1.62	1.48/1.34	1.38/1.21	1.31/1.12	1.18/0.98	1.13/0.92
240	1.58/1.55	1.39/1.28	1.30/1.15	1.23/1.06	1.11/0.93	1.06/0.87
250	1.49/1.48	1.32/1.22	1.22/1.09	1.16/1.01	1.05/0.88	1.00/0.83
260	1.41/1.41	1.25/1.17	1.16/1.05	1.10/0.97	0.99/0.84	0.95/0.79
270	1.34/1.36	1.18/1.12	1.10/1.00	1.04/0.93	0.94/0.80	0.90/0.75
280	1.28/1.30	1.12/1.07	1.04/0.96	0.99/0.89	0.89/0.77	0.86/0.72
290	1.22/1.25	1.07/1.03	0.99/0.92	0.94/0.85	0.85/0.74	0.81/0.69
300	1.16/1.21	1.02/0.99	0.95/0.89	0.90/0.82	0.81/0.71	0.78/0.66
310	1.11/1.16	0.97/0.96	0.90/0.86	0.86/0.79	0.77/0.68	0.74/0.64
320	1.06/1.12	0.93/0.92	0.86/0.83	0.82/0.76	0.74/0.66	0.71/0.62
330	1.02/1.09	0.89/0.89	0.83/0.80	0.78/0.74	0.71/0.63	0.68/0.59
340	0.98/1.05	0.85/0.86	0.79/0.77	0.75/0.71	0.68/0.61	0.65/0.57
350	0.94/1.02	0.82/0.84	0.76/0.75	0.72/0.69	0.65/0.59	0.62/0.55

Tabla N° 24: Esfuerzo equivalente- sin berma de concreto (eje simple/tándem)

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Espesor de losa (mm)	K Combinado (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	3.76/3.83	3.75/3.79	3.74/3.77	3.74/3.76	3.72/3.72	3.70/3.70
110	3.63/3.71	3.62/3.67	3.61/3.65	3.61/3.63	3.59/3.60	3.58/3.58
120	3.52/3.61	3.50/3.56	3.49/3.54	3.49/3.52	3.47/3.49	3.46/3.47
130	3.41/3.52	3.39/3.47	3.39/3.44	3.38/3.43	3.37/3.39	3.35/3.37
140	3.31/3.43	3.30/3.38	3.29/3.35	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
150	3.22/3.36	3.21/3.30	3.20/3.27	3.19/3.25	3.17/3.21	3.16/3.19
160	3.14/3.28	3.12/3.22	3.11/3.19	3.10/3.17	3.09/3.13	3.08/3.12
170	3.06/3.22	3.04/3.15	3.03/3.12	3.02/3.10	3.01/3.06	3.00/3.04
180	2.99/3.16	2.97/3.09	2.96/3.06	2.95/3.03	2.93/2.99	2.92/2.97
190	2.92/3.10	2.90/3.03	2.88/2.99	2.88/2.97	2.86/2.93	2.85/2.91
200	2.85/3.05	2.83/2.97	2.82/2.94	2.81/2.91	2.79/2.87	2.78/2.85
210	2.79/2.99	2.77/2.92	2.75/2.88	2.75/2.86	2.73/2.81	2.72/2.79
220	2.73/2.95	2.71/2.87	2.69/2.83	2.69/2.80	2.67/2.76	2.66/2.73
230	2.67/2.90	2.65/2.82	2.64/2.78	2.63/2.75	2.61/2.70	2.60/2.68
240	2.62/2.86	2.60/2.78	2.58/2.73	2.57/2.71	2.55/2.66	2.54/2.63
250	2.57/2.82	2.54/2.73	2.53/2.69	2.52/2.66	2.50/2.61	2.49/2.59
260	2.52/2.78	2.49/2.69	2.48/2.65	2.47/2.62	2.45/2.56	2.44/2.54
270	2.47/2.74	2.44/2.65	2.43/2.61	2.42/2.58	2.40/2.52	2.39/2.50
280	2.42/2.71	2.40/2.62	2.38/2.57	2.37/2.54	2.35/2.48	2.34/2.46
290	2.38/2.67	2.35/2.58	2.34/2.53	2.33/2.50	2.31/2.44	2.30/2.42
300	2.34/2.64	2.31/2.55	2.30/2.50	2.29/2.46	2.26/2.41	2.26/2.38
310	2.29/2.61	2.27/2.51	2.25/2.46	2.24/2.43	2.22/2.37	2.21/2.34
320	2.25/2.58	2.23/2.48	2.21/2.43	2.20/2.40	2.18/2.33	2.17/2.31
330	2.21/2.55	2.19/2.45	2.17/2.40	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.28

Tabla N° 25: Factores de erosión- junta con pasadores-sin bermas en concreto (eje simple/eje tándem).

Número total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	1.0
2	0.90
3	0.75

Tabla N° 26: Factor de distribución por carril

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**Tabla 5.19**  
**Entornos de la resistencia**

Categoría	Intervalo módulo resiliente (E) kg/cm <sup>2</sup>	Intervalo C.B.R. %	Descripción
S1	300 - 500	3 ≤ CBR < 5	Categoría que comprende los suelos que por condiciones topográficas y drenaje natural, se encuentran con elevados contenidos de humedad.
S2	500 - 700	5 ≤ CBR < 7	En esta categoría están los grupos de los suelos conformados por cenizas volcánicas, abundantes en la zona andina con elevados contenidos de humedad. También los grupos de suelos sedimentarios areno-arcillosos con humedades naturales que proporcionan a los suelos consistencias entre bajas y medias.
S3	700 - 1000	7 ≤ CBR < 10	En esta categoría se ubican los depósitos con altos contenidos de fragmentos de roca, ubicados en las zonas relativamente secas.
S4	1000 - 1500	10 ≤ CBR < 15	Suelos areno-limosos ubicados en regiones cálidas húmedas.
S5	> 1500	CBR ≥ 15	En esa categoría están los suelos gruesos de origen ígneo, depósitos aluviales recientes, algunos depósitos de arenas eólicas.

Tabla N° 27: Entornos de la resistencia (Categoría)

**Tabla 5.20**  
**Precipitación y condiciones de humedad para el ensayo**

No	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)	Condiciones de humedad para el ensayo
R1	Fría seca	< 13	< 1000	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma I.N.V. E-146
	Fría semihúmeda	< 13	1000 - 2000	Sumergido
R2	Templado seco	13 - 20	< 1000	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma I.N.V. E-146
	Templado semihúmedo	13 - 20	1000 - 2000	Sumergido
R3	Cálido seco	20 - 30	< 1000	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma I.N.V. E-146
	Cálido semihúmedo	20 - 30	1000 - 2000	Sumergido
R4	Templado húmedo	13 - 20	2000 - 4000	Sumergido
R5	Cálido húmedo	20 - 30	2000 - 4000	Sumergido
R6	Cálido muy húmedo	20°C - 30°C	> 4000	Sumergido

Tiempo de inmersión: 4 días para suelos limosos poco plásticos.  
8 días para suelos arcillosos y limosos plásticos.

Tabla N° 28: Precipitación y Condiciones de humedad para el ensayo (Región)

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

CLASIFICACION VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	CONTEO VEHICULAR				
		5pm- 5:15pm	5:15pm - 5:30pm	5:30pm - 5:45pm	5:45- 6:00 pm	TOTAL
Ejemplo de hora pico						
Vehículos Livianos	<u>Automóviles</u>					
	<u>Jepp</u>					
	<u>Pick – Ups</u>					
Vehículos Pesados de Pasajeros	<u>Mini Bus</u>					
	<u>Bus</u>					
Vehículos Pesados de <u>Carga</u>	2 EJES	<u>Micro Bus</u>				
		<u>(Vans)</u>				
		NPR				
	350					
	3 EJES					

Tabla N° 29: Tabla para conteo vehicular en horas pico.

#### 4. GRÁFICOS

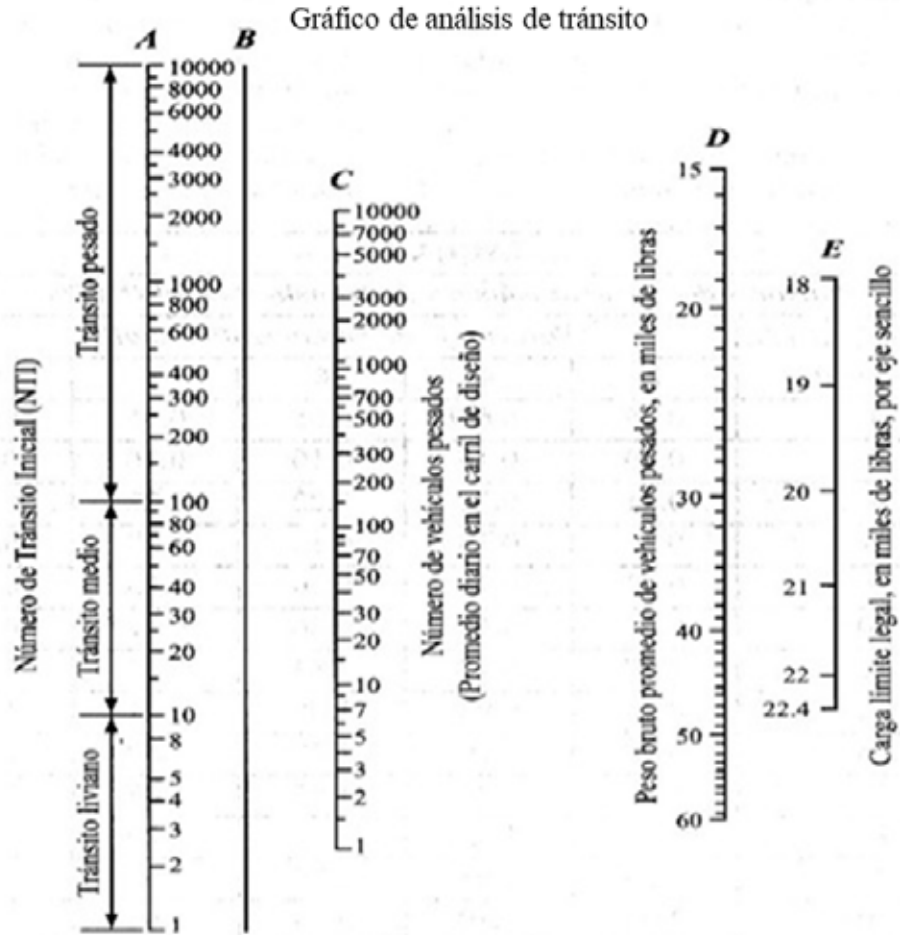


Gráfico n°1: gráfico de análisis de tránsito

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

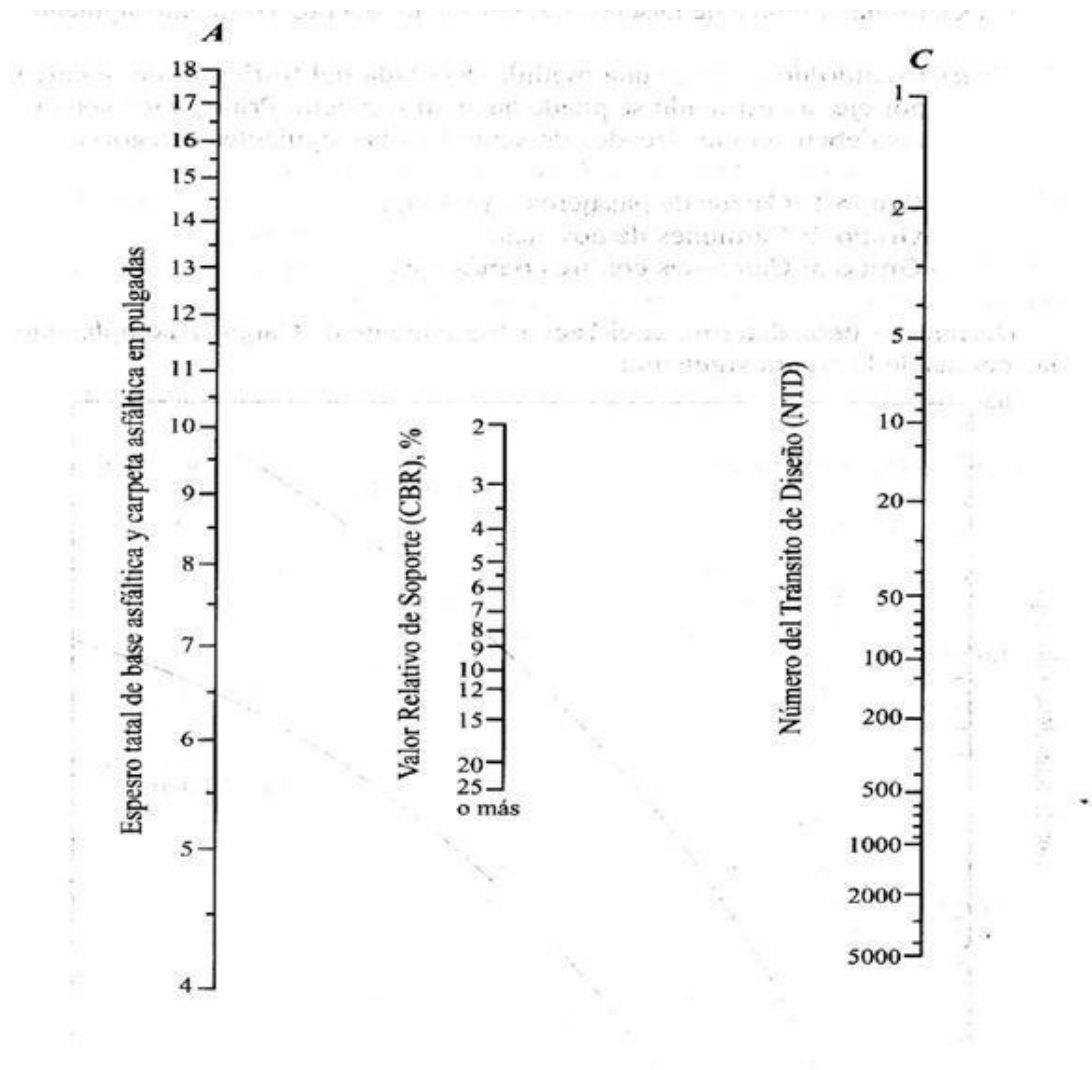


Gráfico N° 2: Determinación del espesor de pavimento, según C.B.R y NTD

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

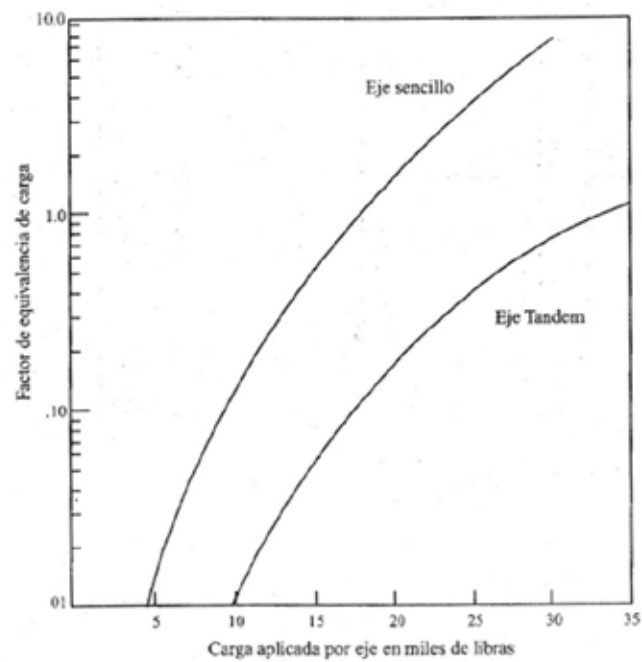


Gráfico N° 3: Factor de carga equivalente (F), según tipo de eje y la carga aplicada por eje.

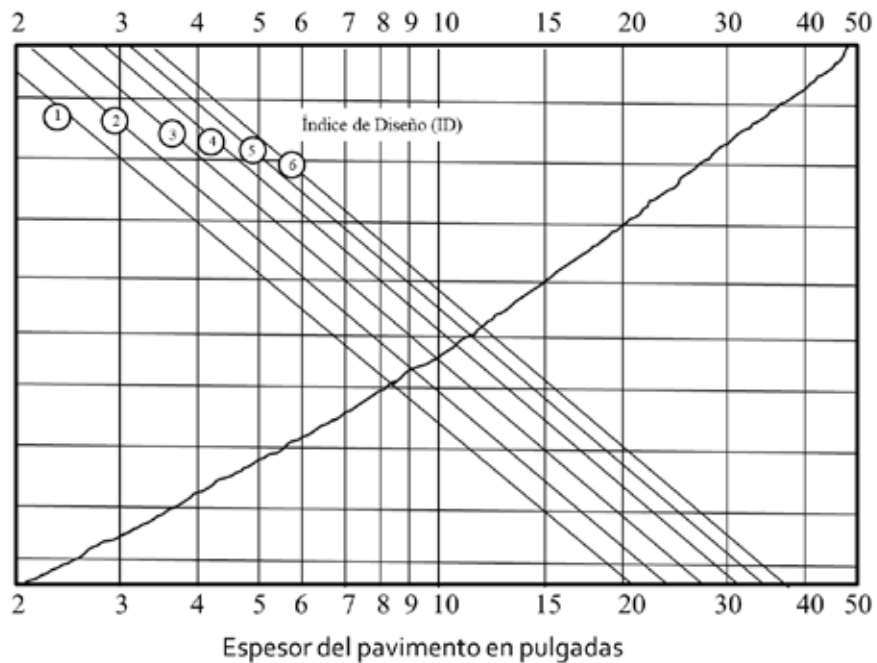


Gráfico N° 4: Espesor de pavimento según Índice de diseño y C.B.R

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

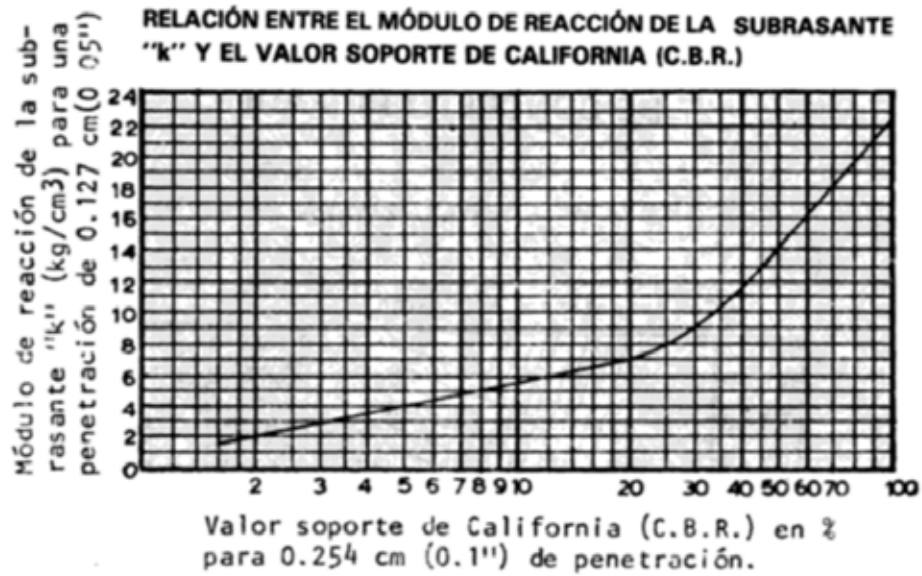


Gráfico N° 5: Relación entre el módulo de reacción de la subrasante "K" y el valor de C.B.R

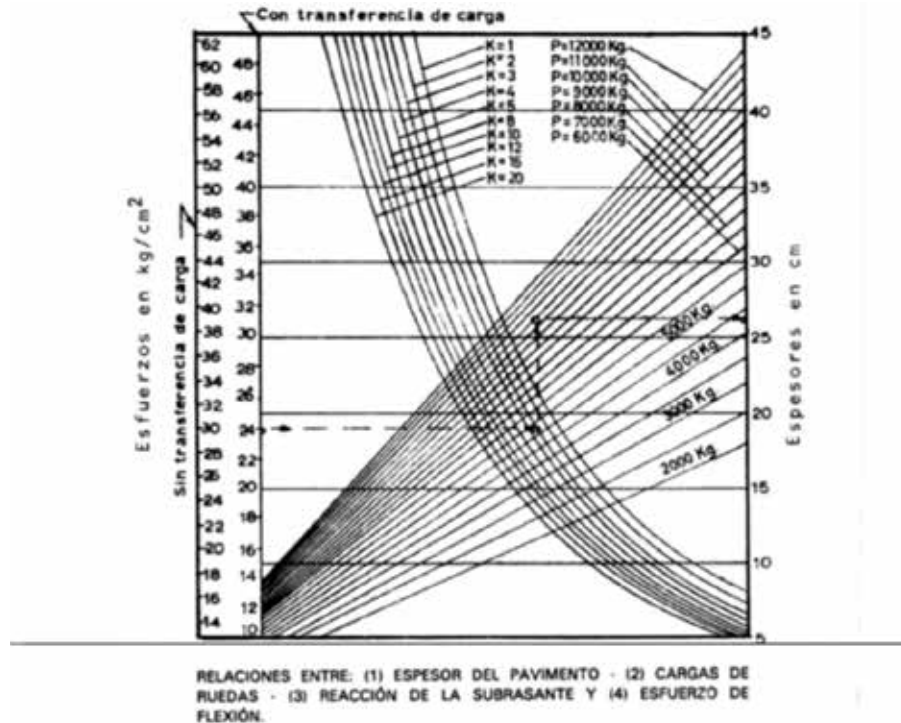


Gráfico N° 6: Espesor de pavimento de concreto hidráulico, según cargas de ruedas, reacción de subrasante y esfuerzo de flexión.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

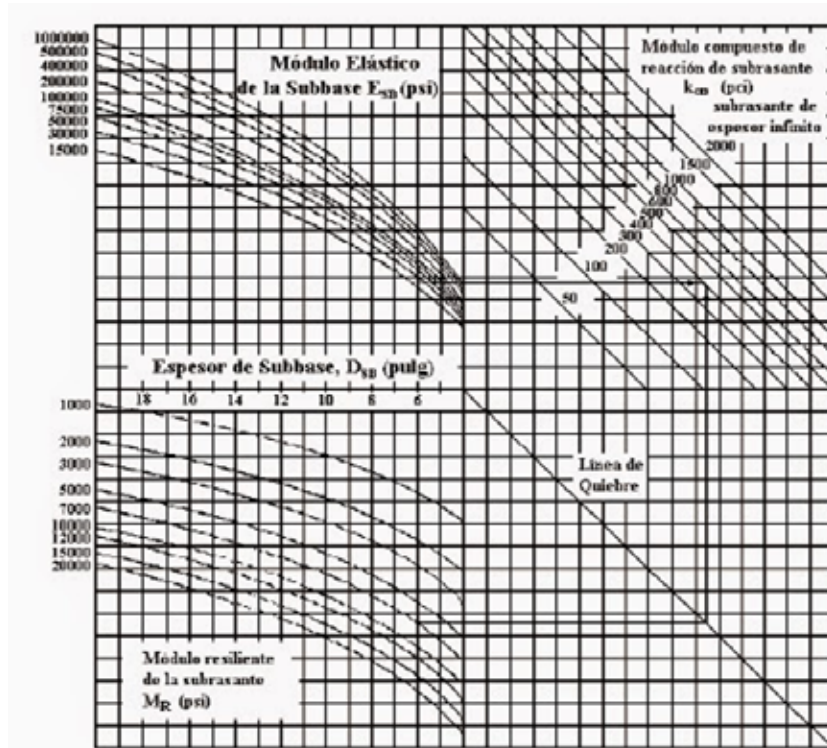


Gráfico N°7: Carta para estimar el módulo compuesto de reacción del Subgrado, K

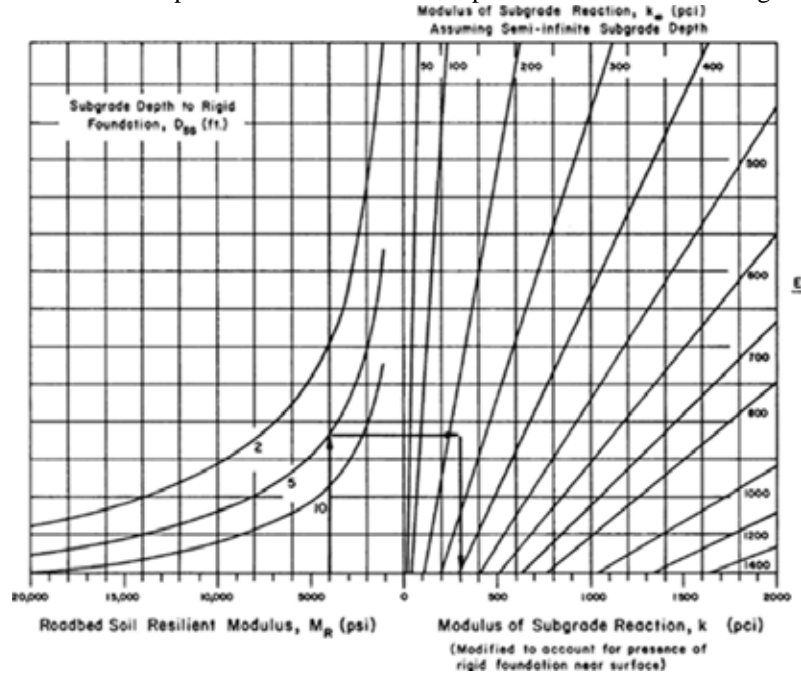


Gráfico N° 8: Carta para modificar el módulo de reacción del Subgrado a fin de considerar los efectos de la proximidad superficial de un estrato rígido.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

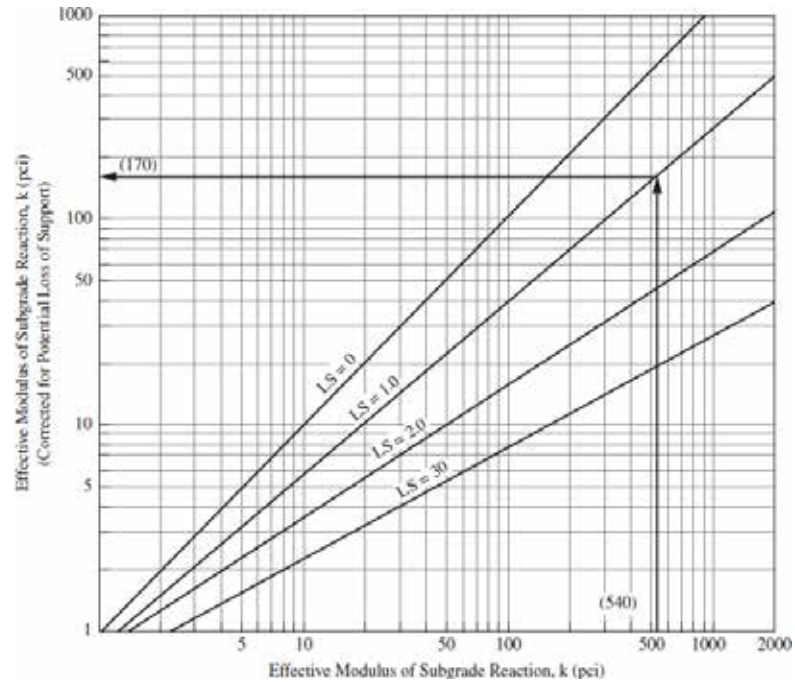


Gráfico N° 9: Corrección del Módulo Efectivo de Reacción del Subgrado debido a la pérdida potencial de soporte de la sub-base.

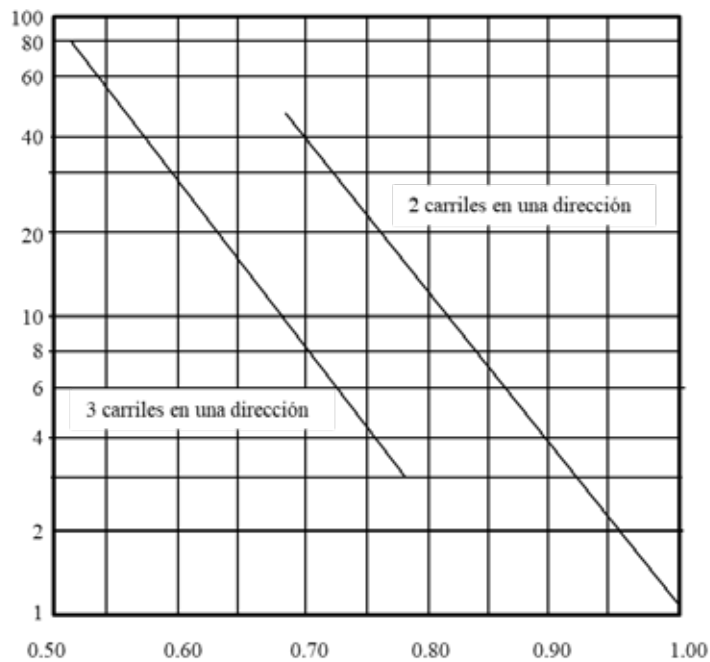


Gráfico N° 10: proporción de vehículos comerciales en carril derecho.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

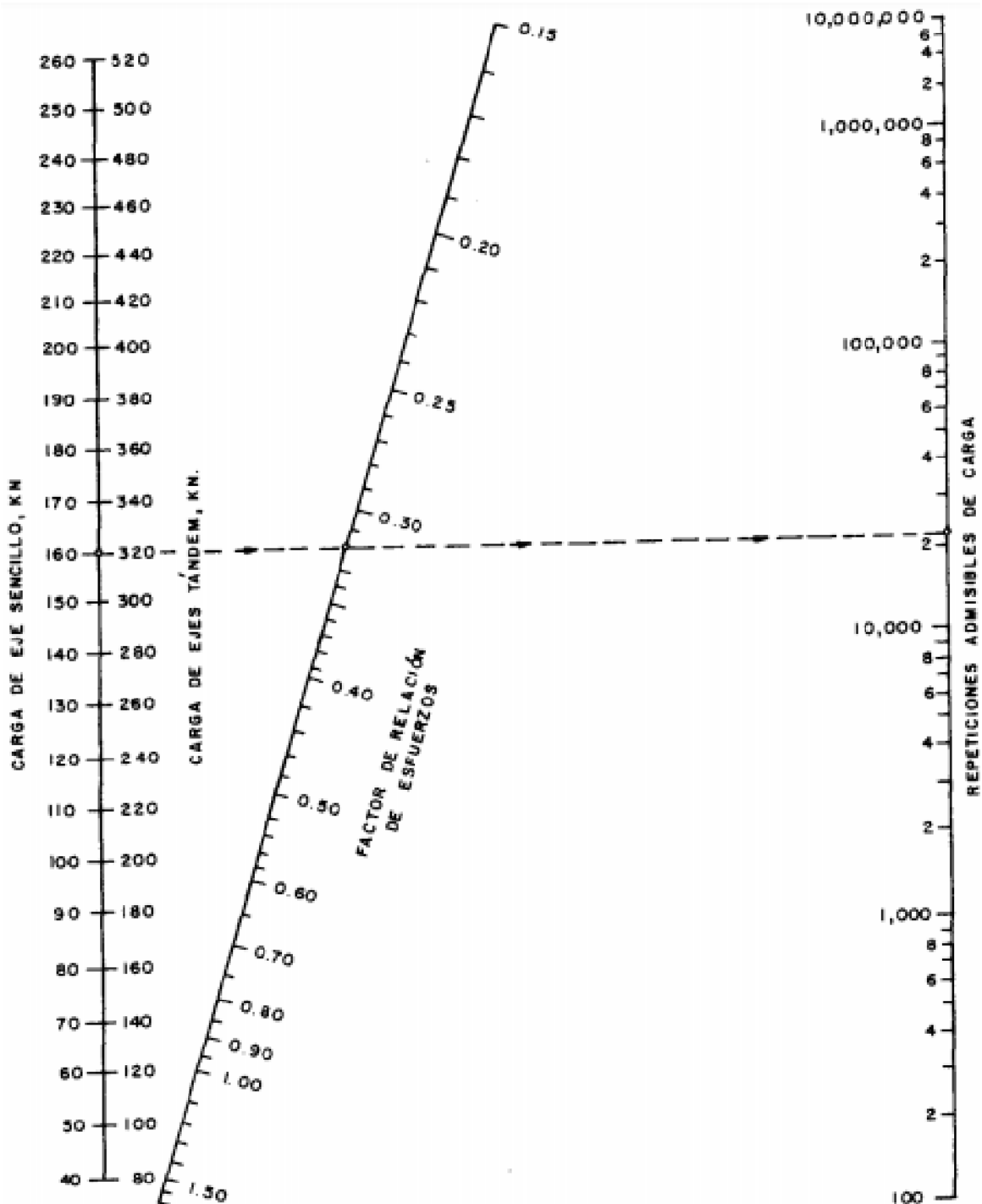


Gráfico N° 11: Análisis por fatiga número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de relación de esfuerzo.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

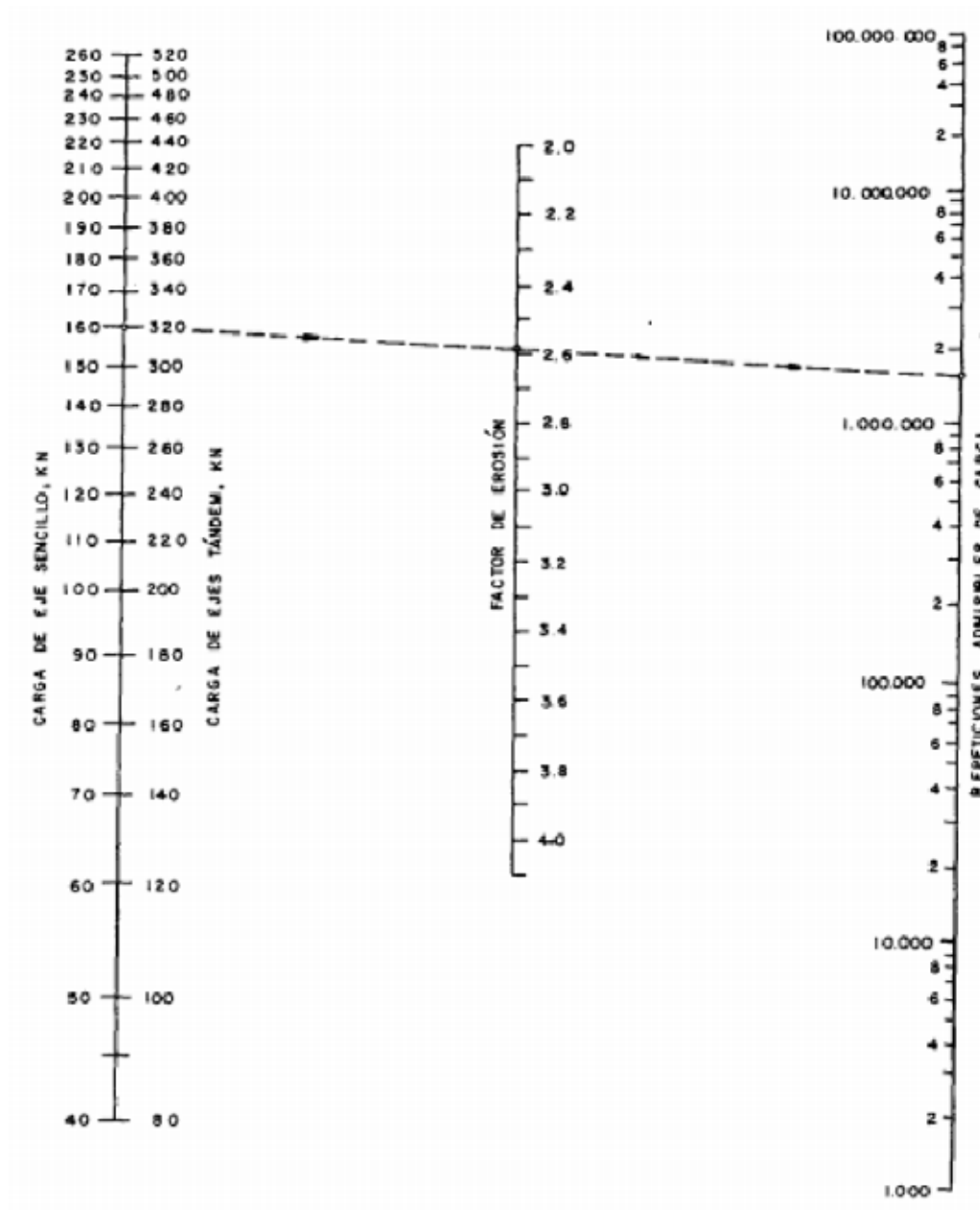


Gráfico N° 12: Análisis por erosión- número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

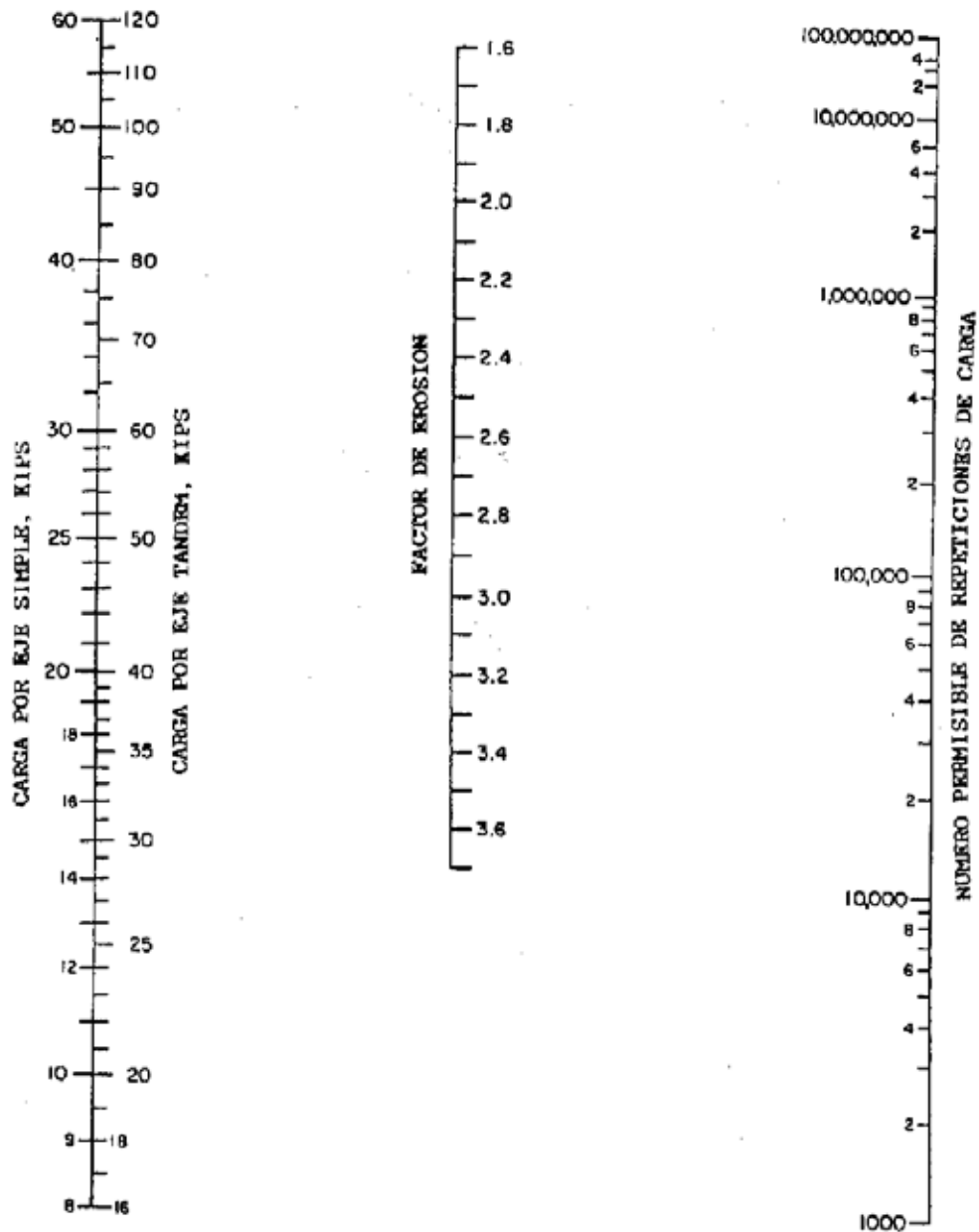


Gráfico 13: Análisis por erosión - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (con berma de hormigón)

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

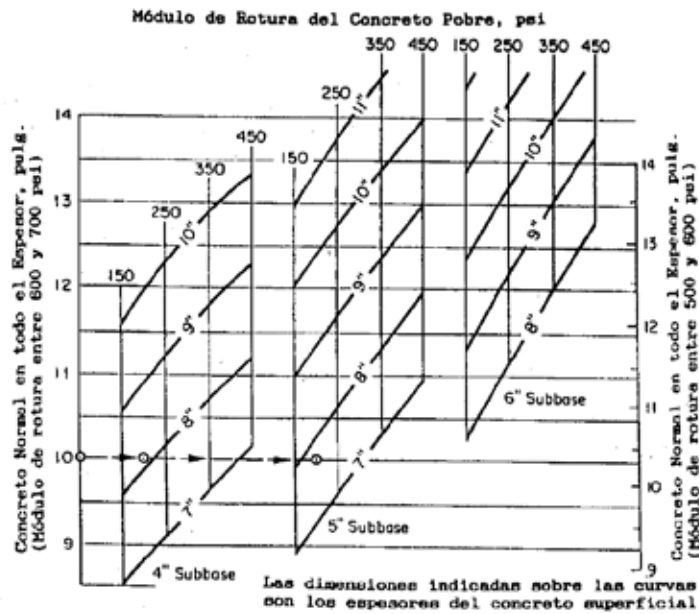


Gráfico N° 14: Carta de diseño para pavimento de hormigón compuesto (sub-base de hormigón pobre).

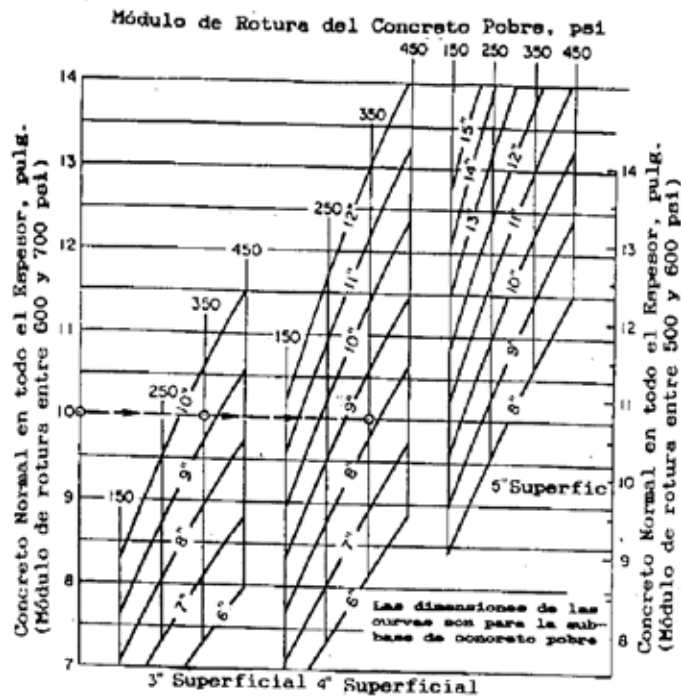


Gráfico N° 15: Carta de diseño para pavimento de hormigón compuesto (monolítico con la capa inferior de hormigón pobre).

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

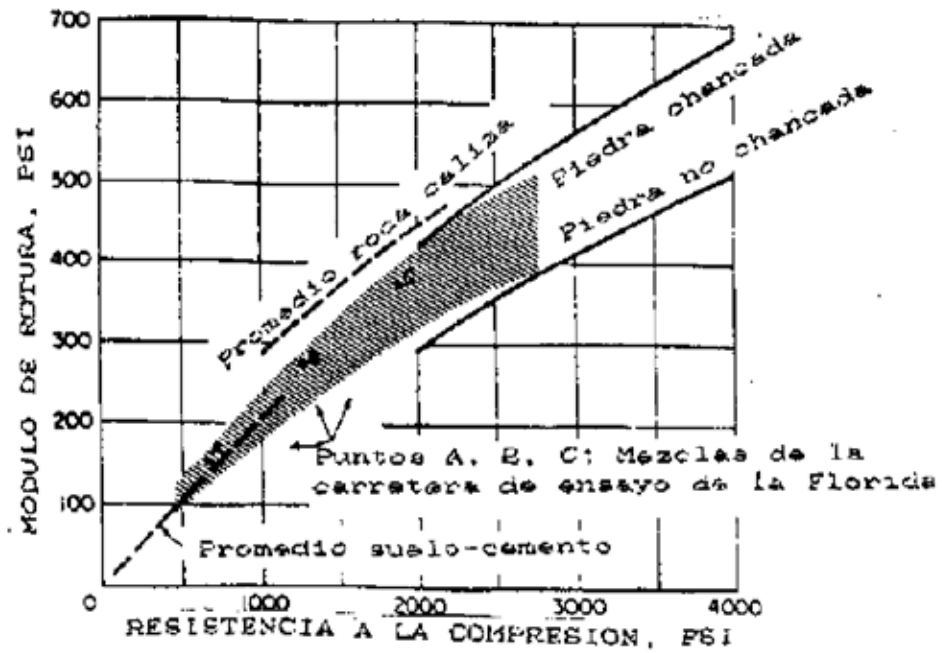


Gráfico N° 16: Relación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

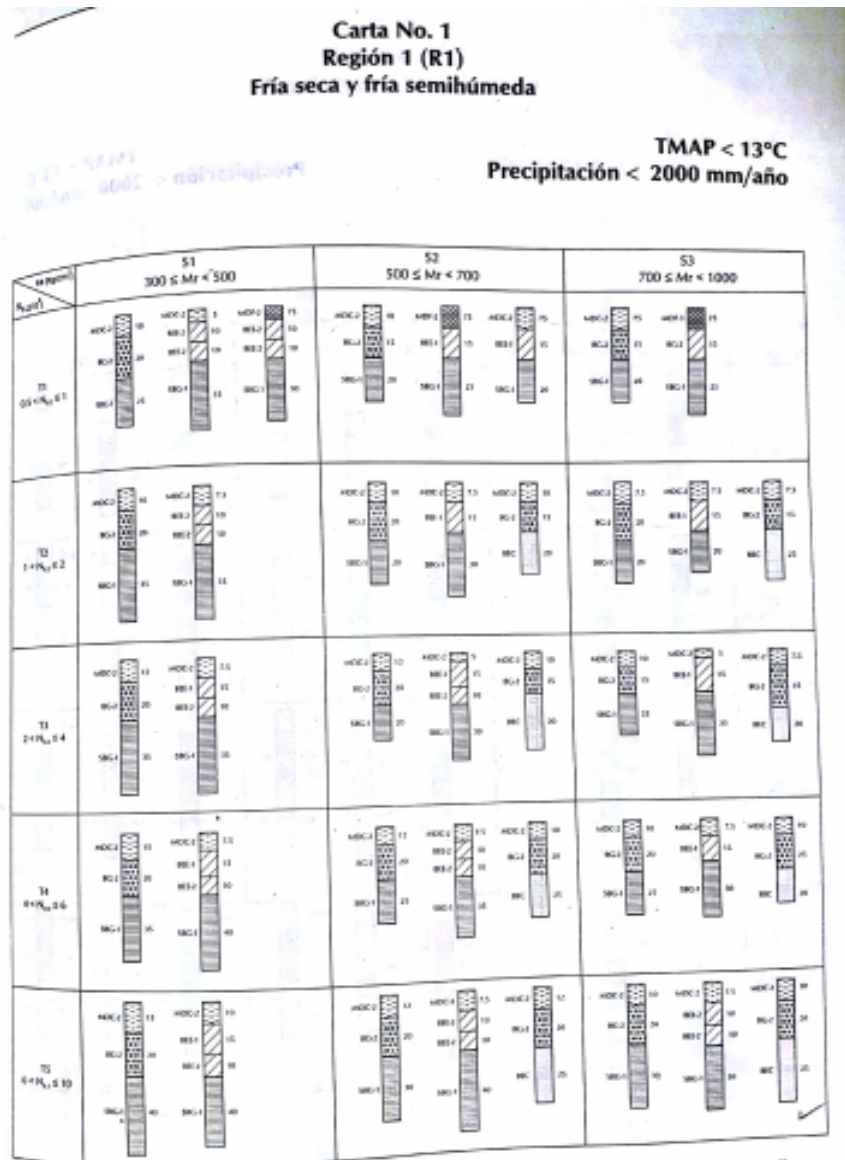


Gráfico N° 17: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

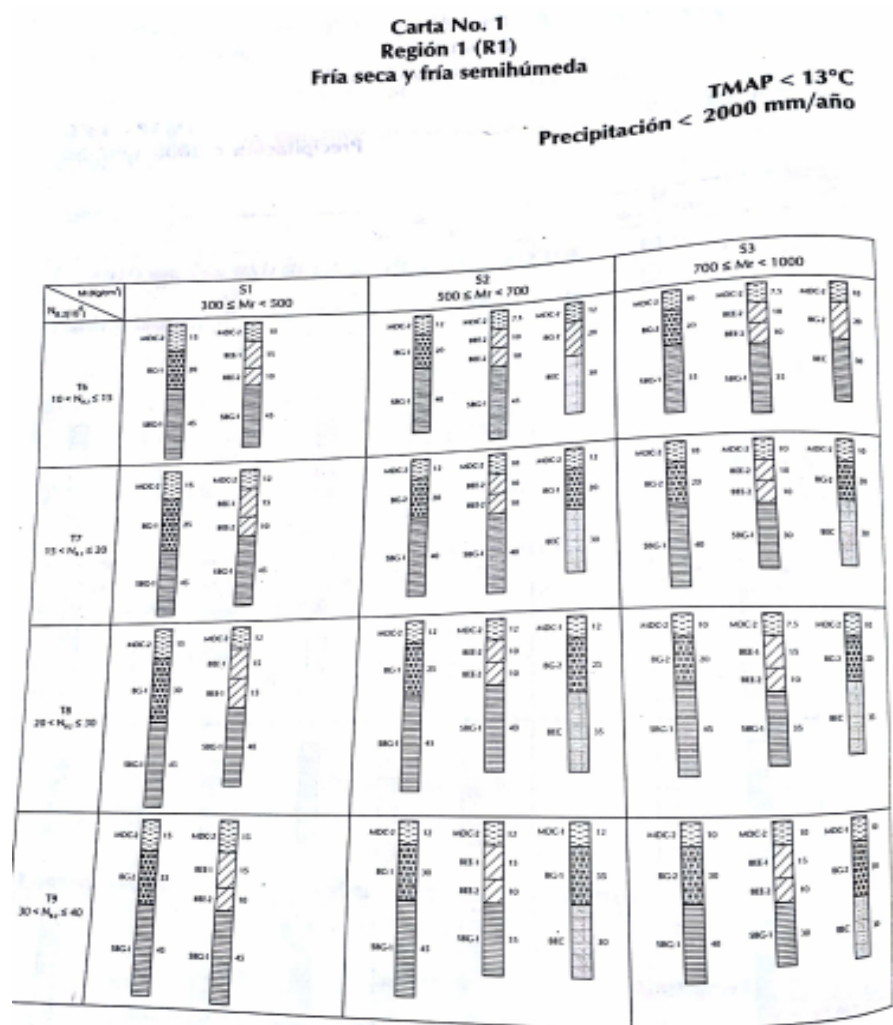


Gráfico N° 18: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

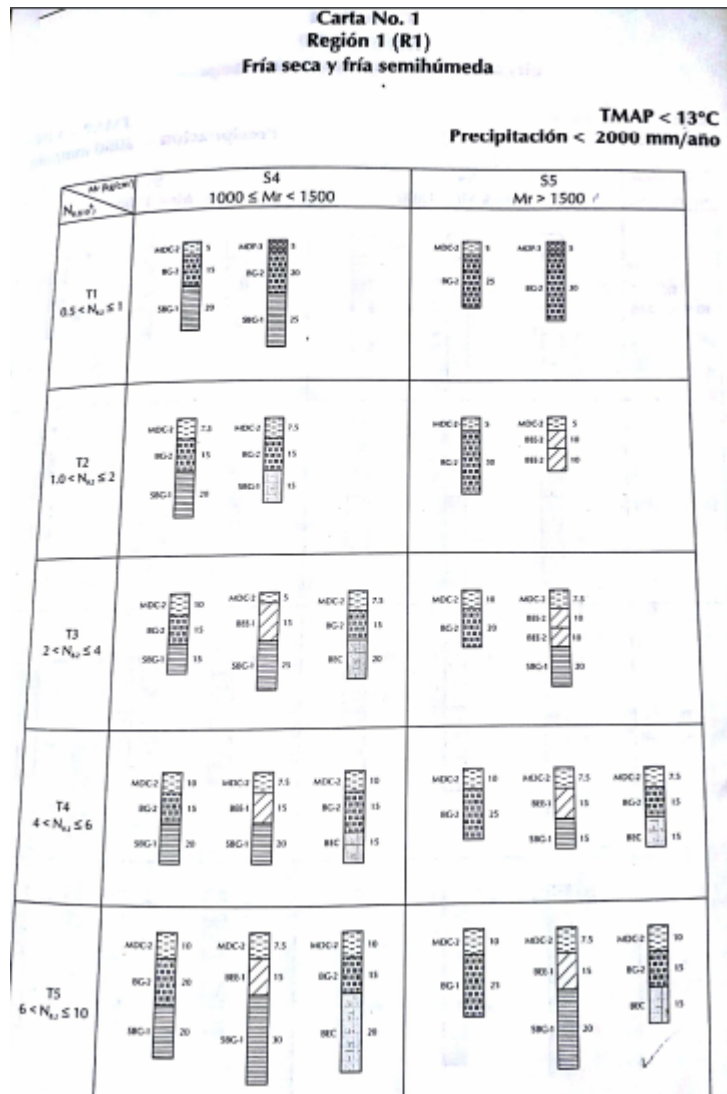


Gráfico N° 19: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

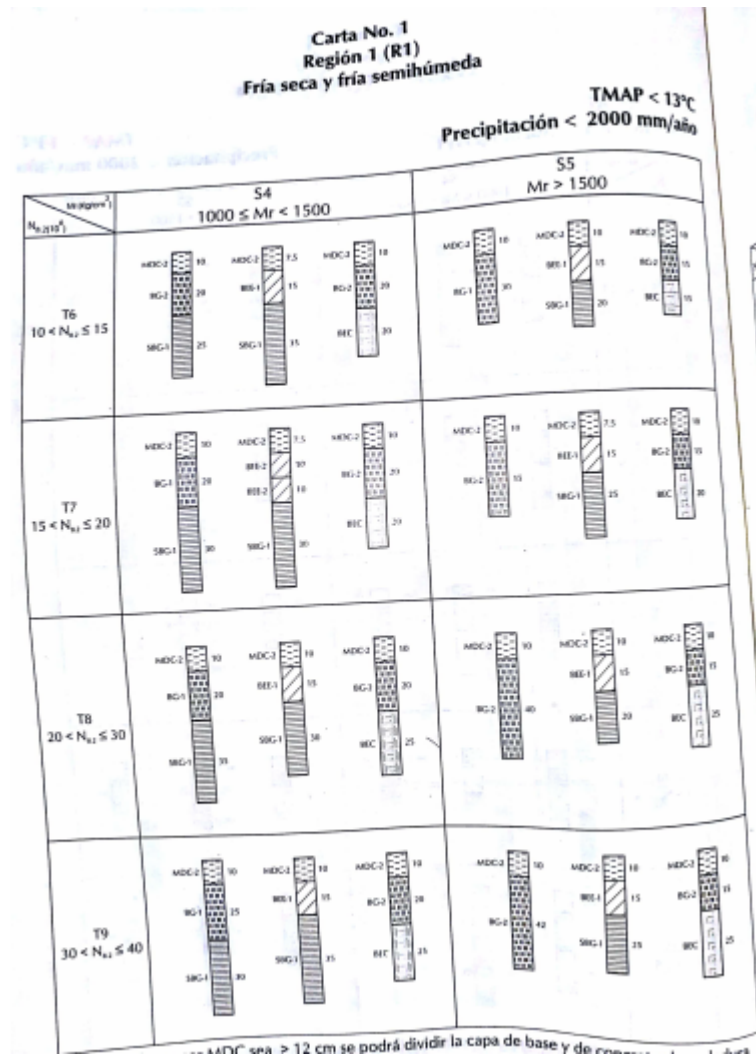


Gráfico N° 20: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

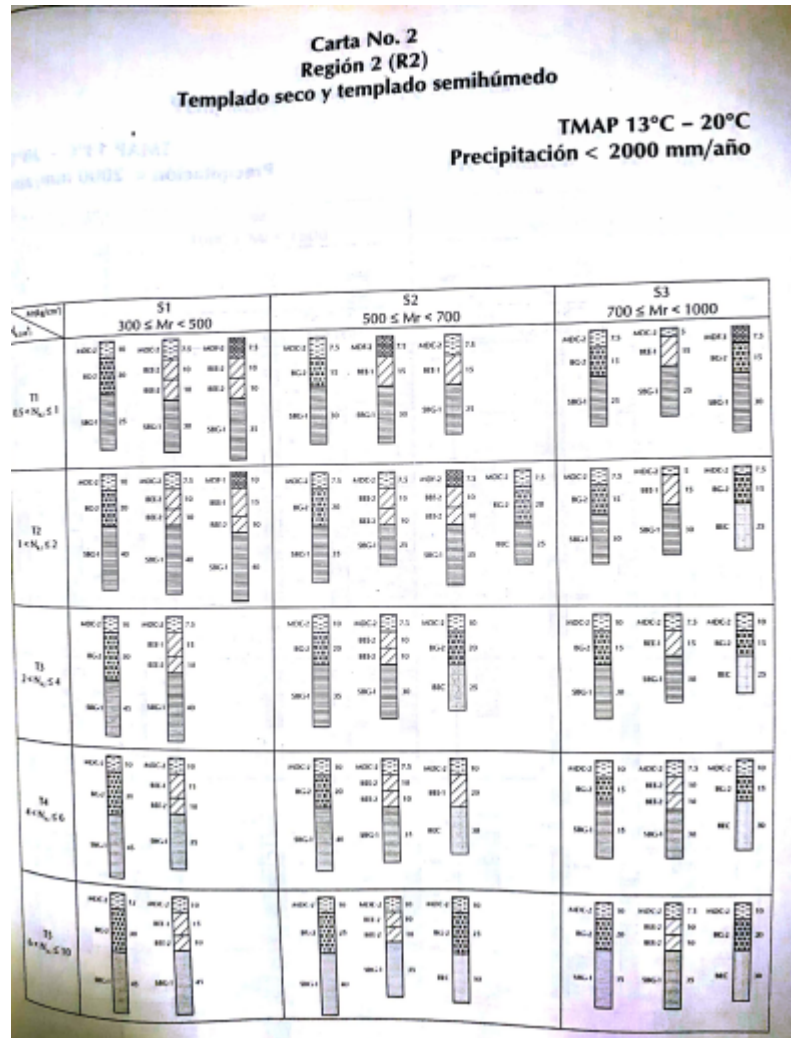


Gráfico N° 21: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

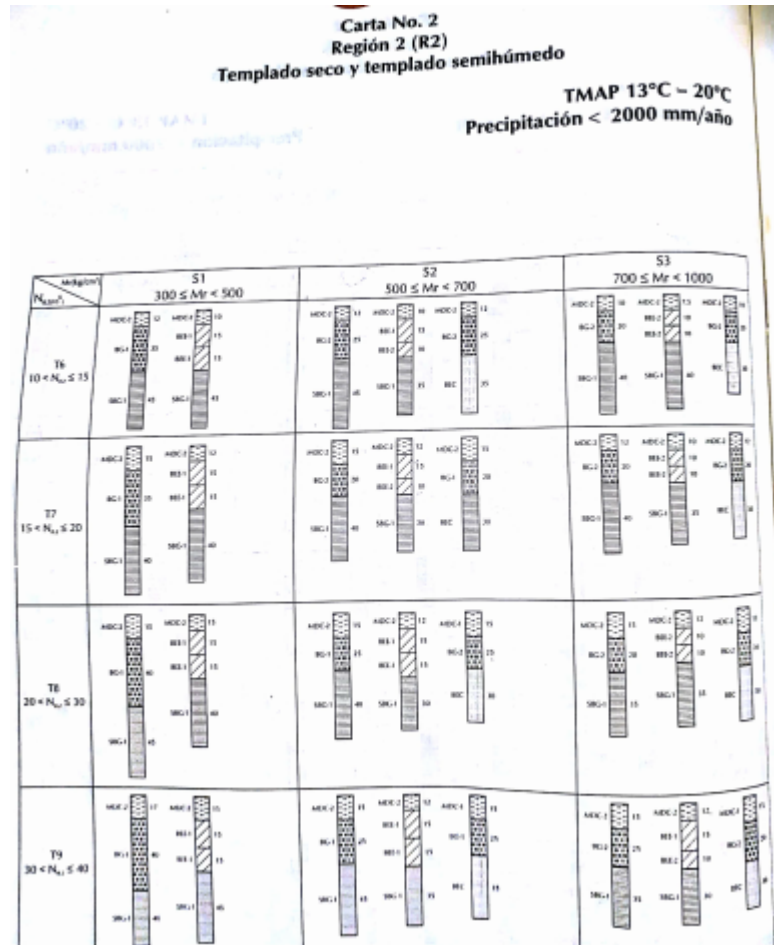


Gráfico N° 22: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

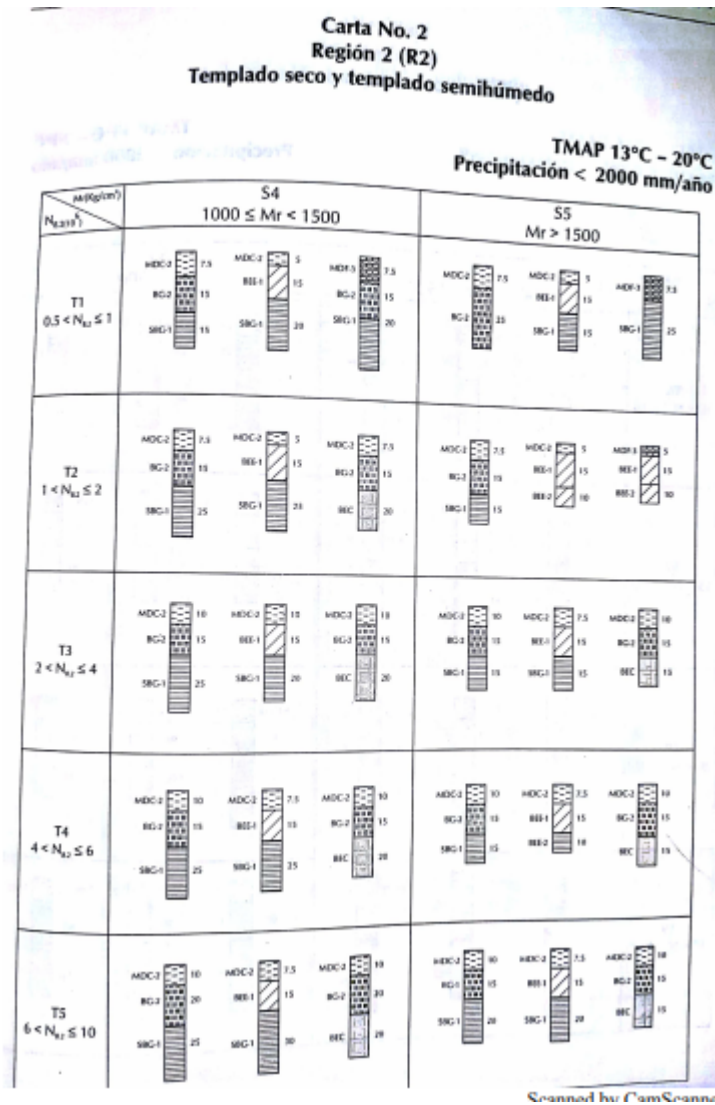


Gráfico N° 23: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

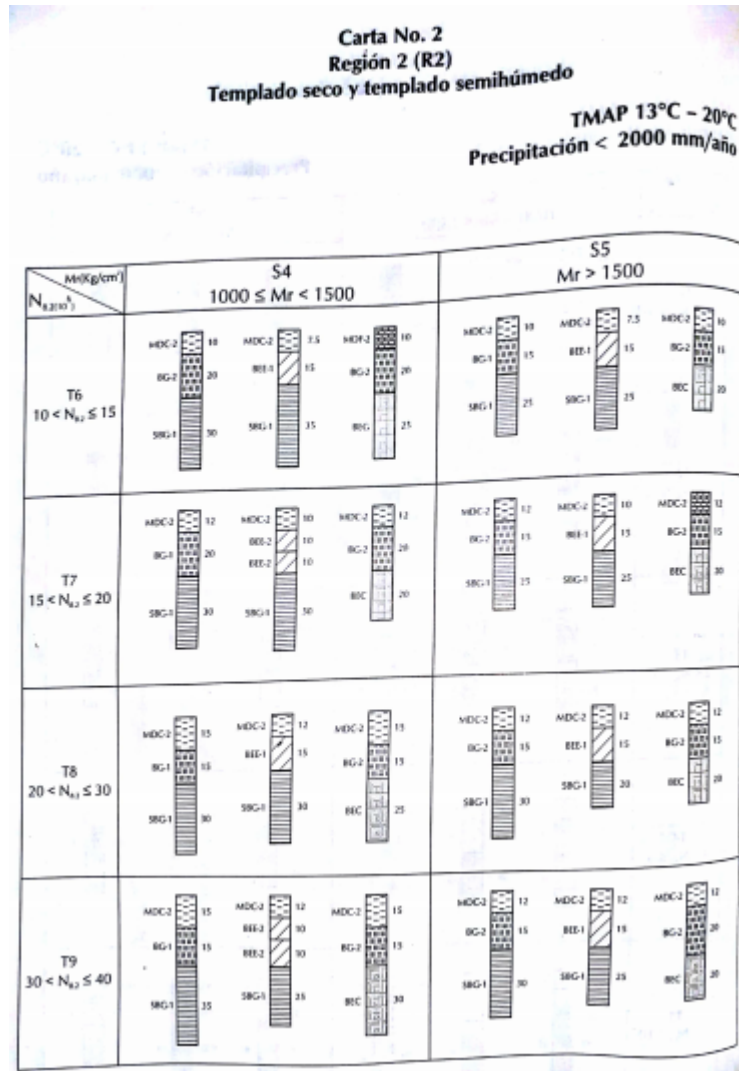


Gráfico N° 24: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

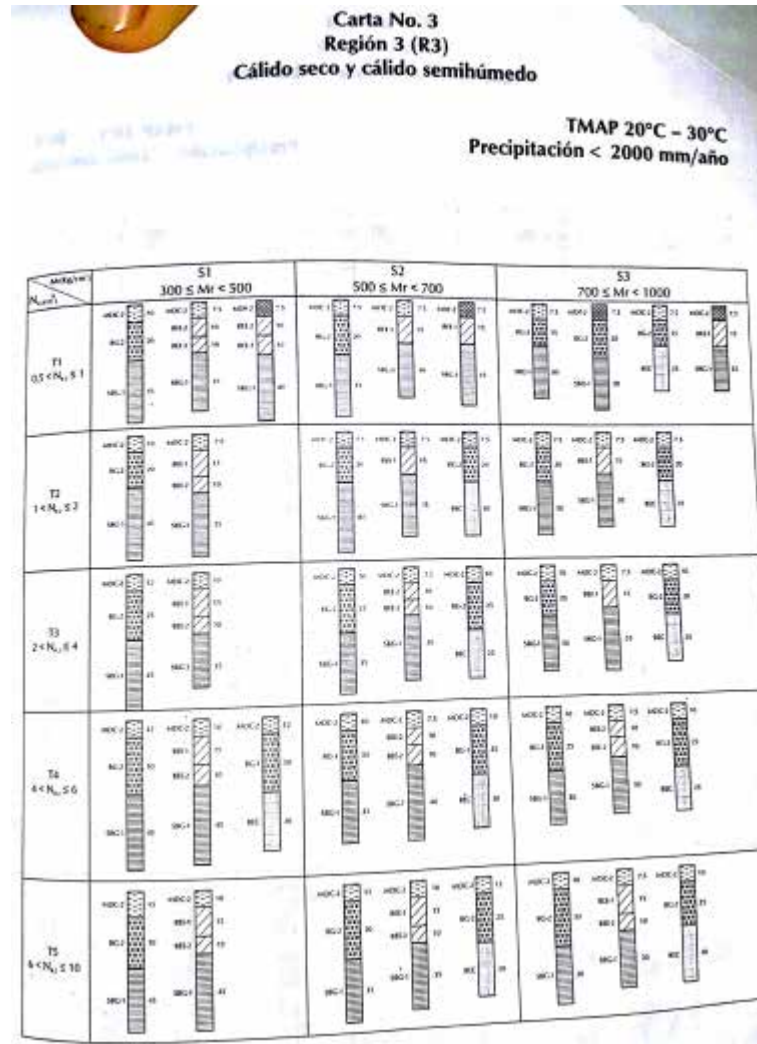


Gráfico N° 25: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

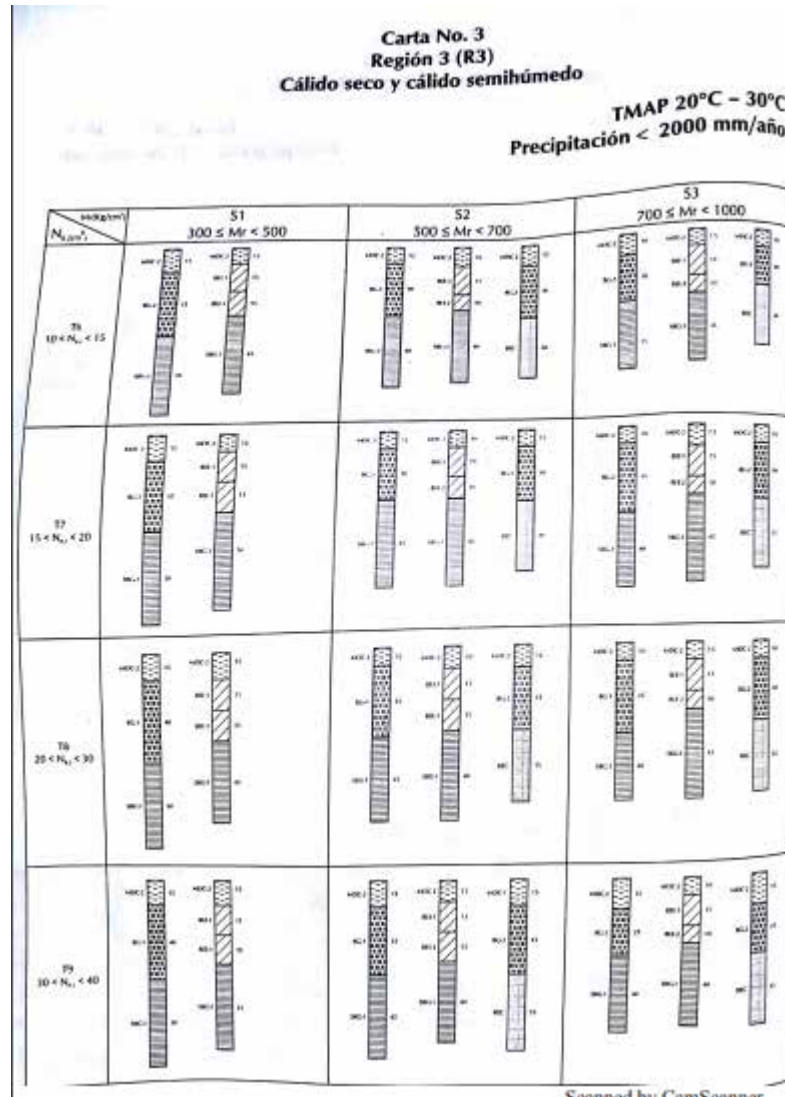


Gráfico N° 26: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

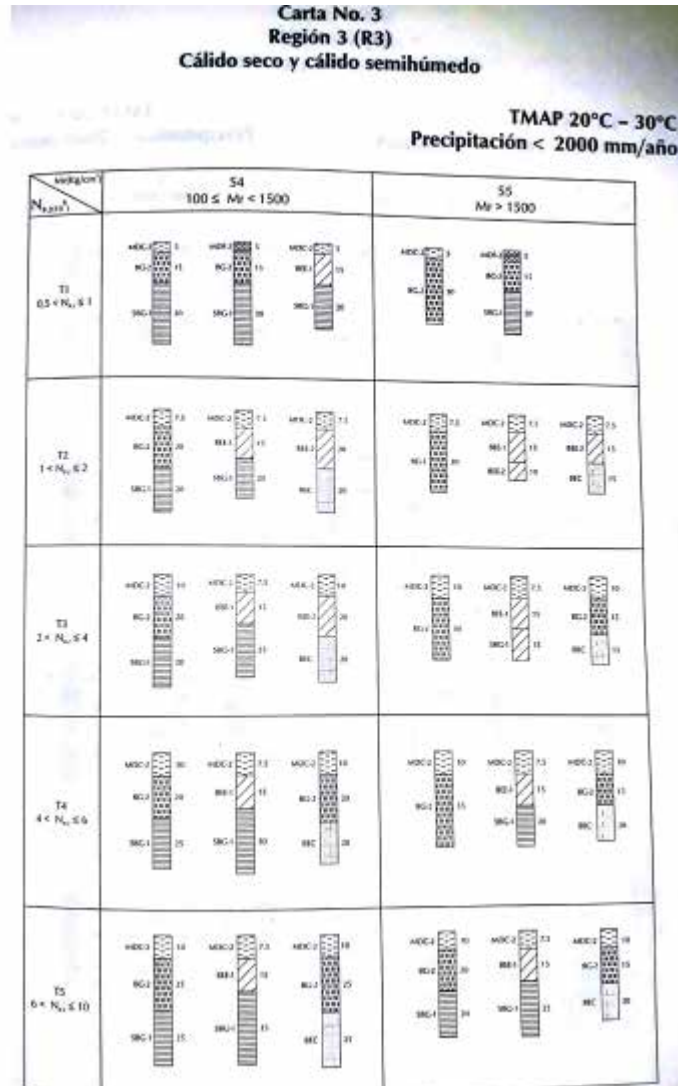


Gráfico N° 27: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

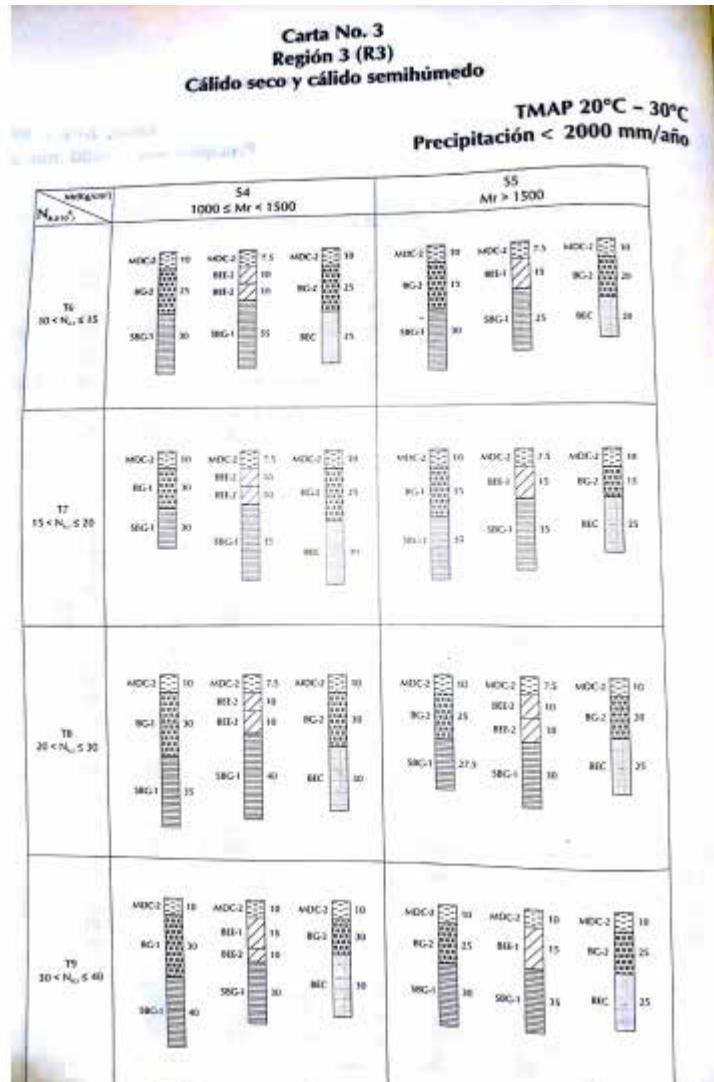


Gráfico N° 28: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

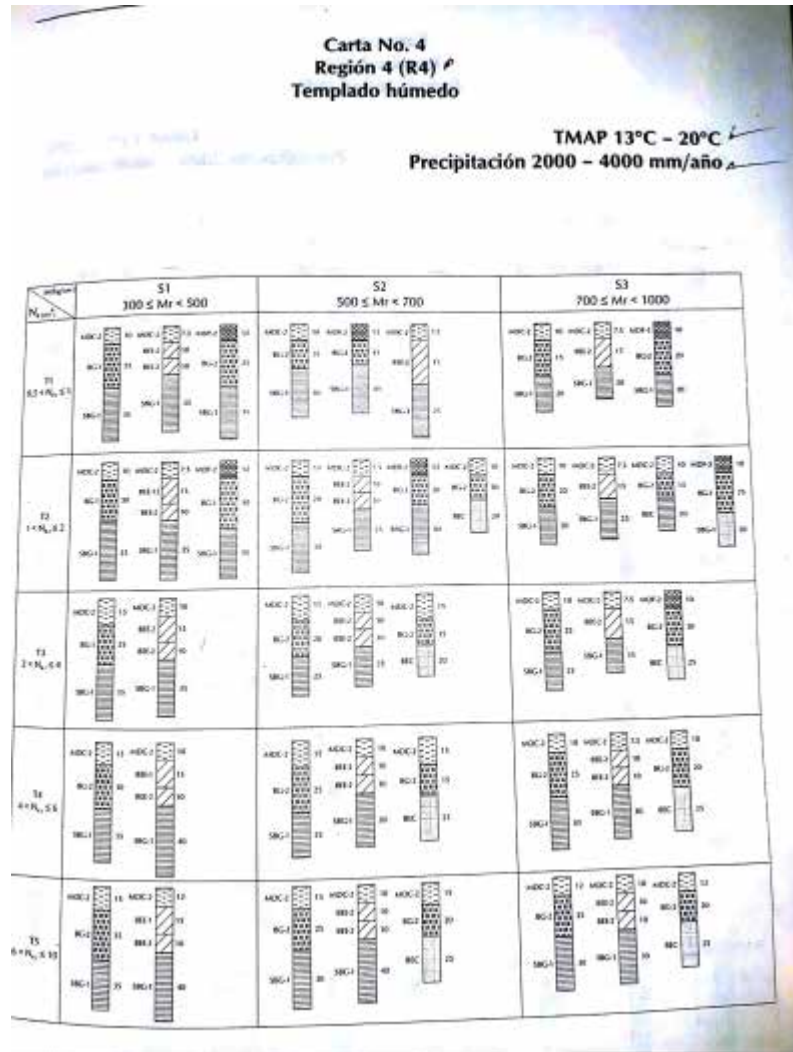


Gráfico N° 29: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

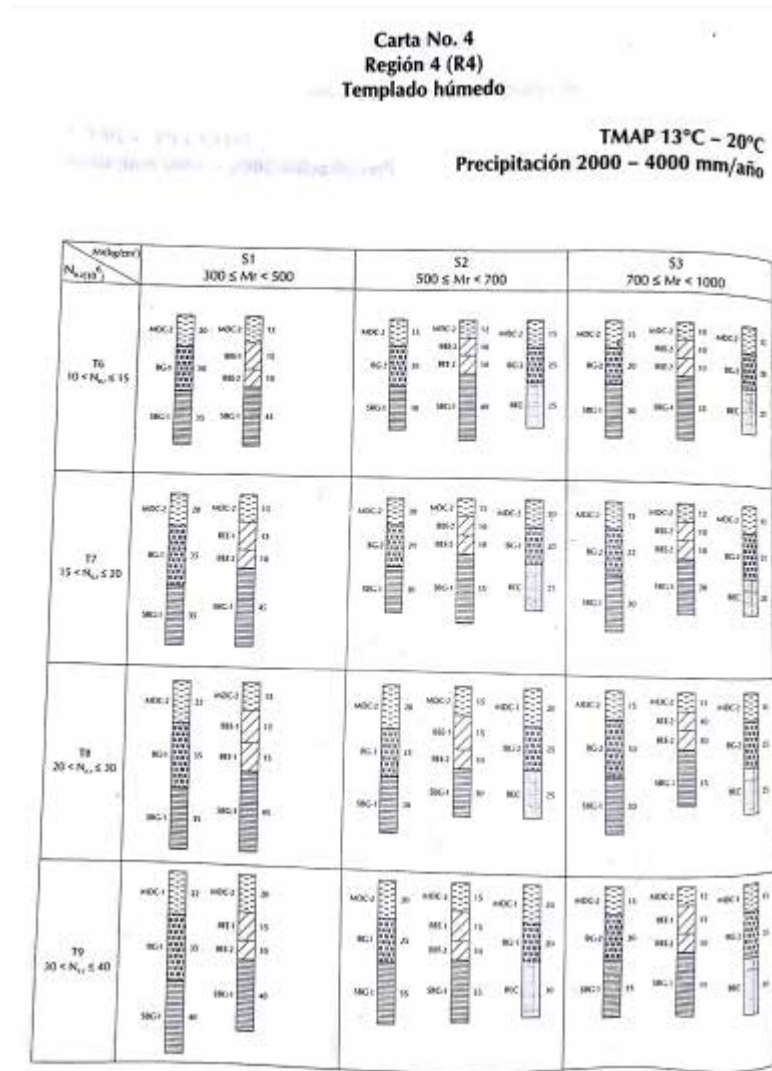


Gráfico N° 30: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

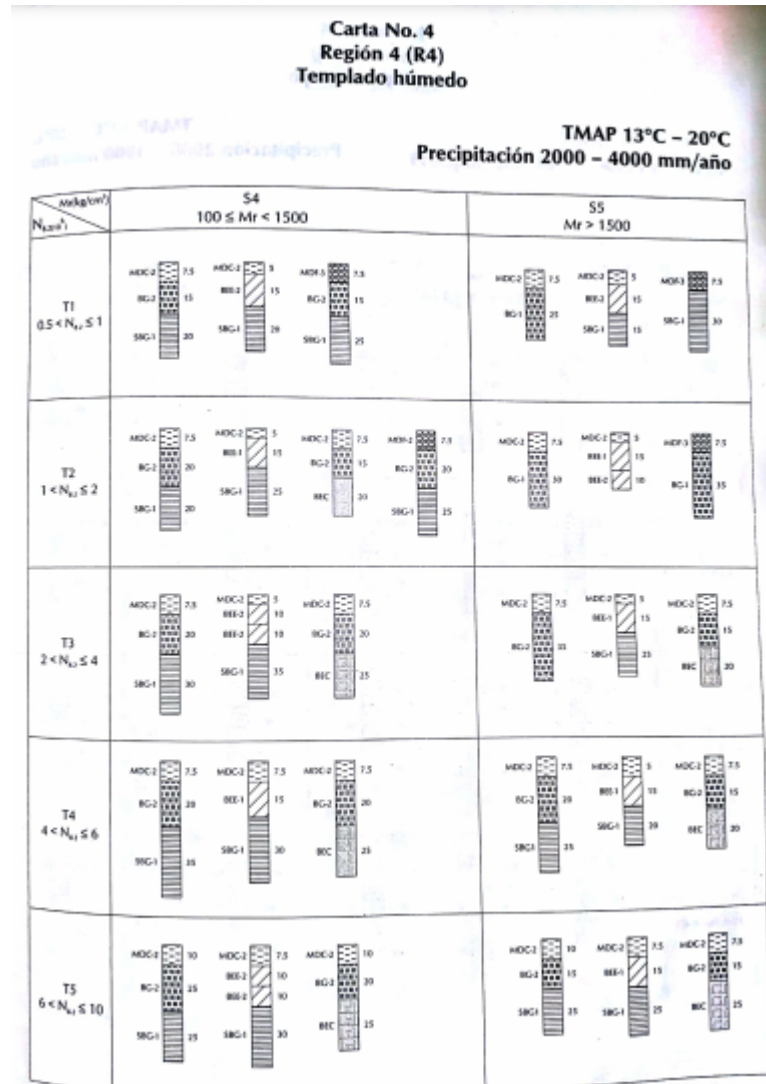


Gráfico N° 31: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

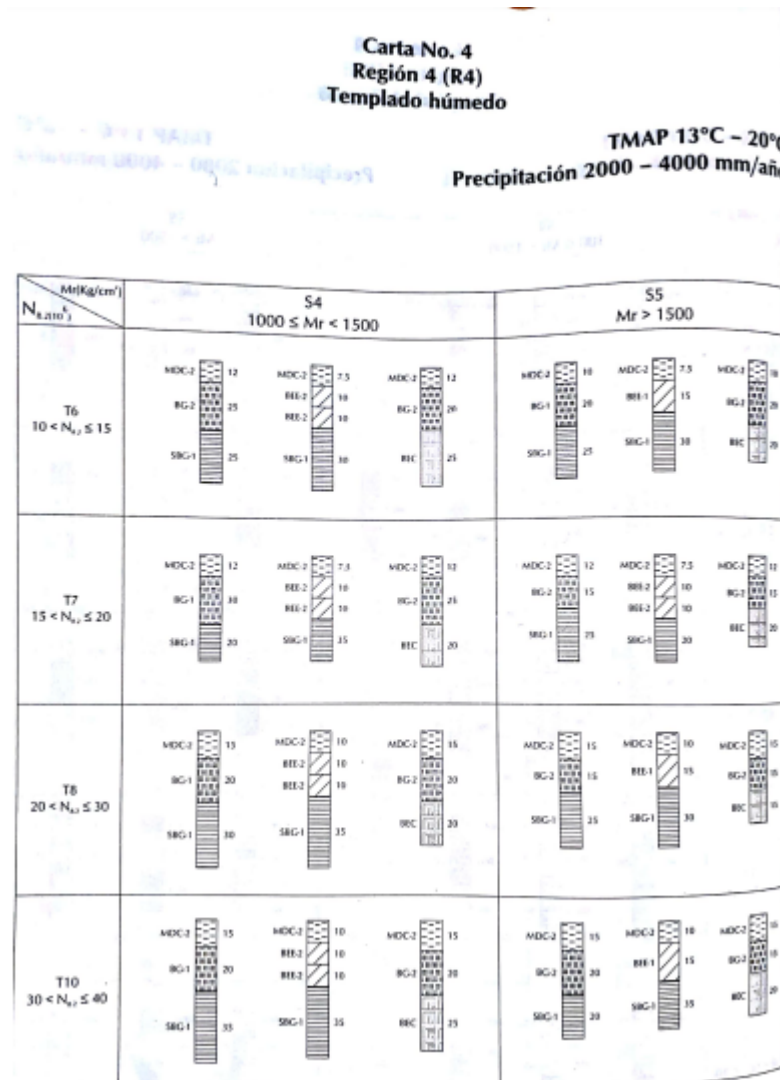


Gráfico N° 32: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

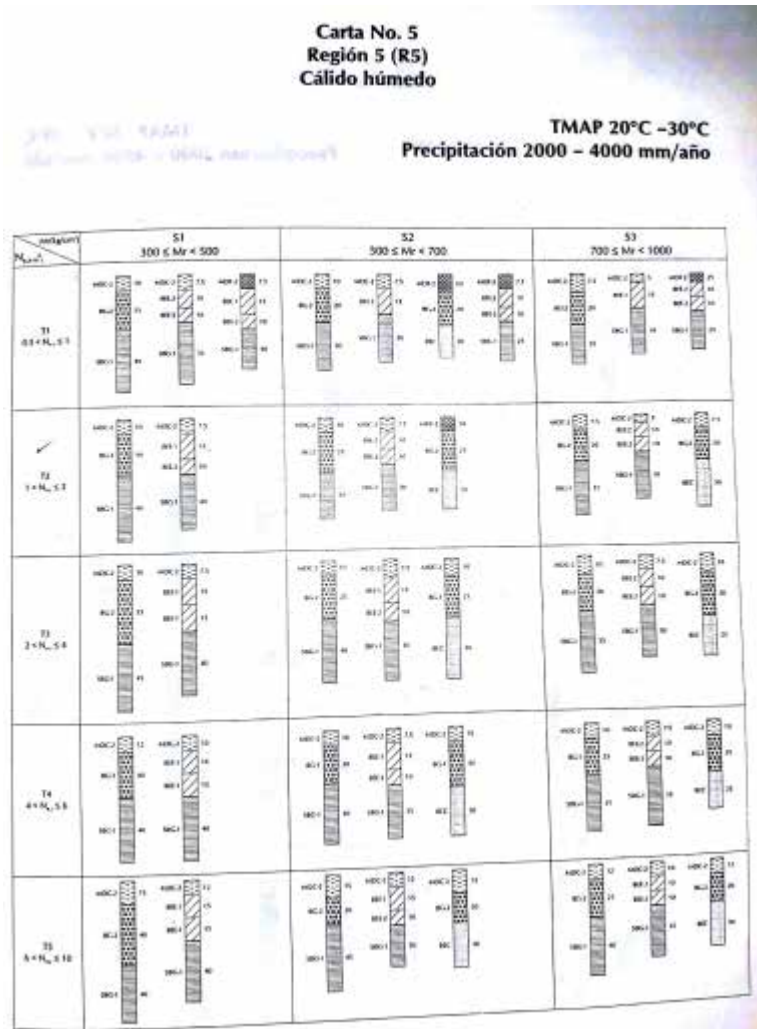


Gráfico N° 33: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

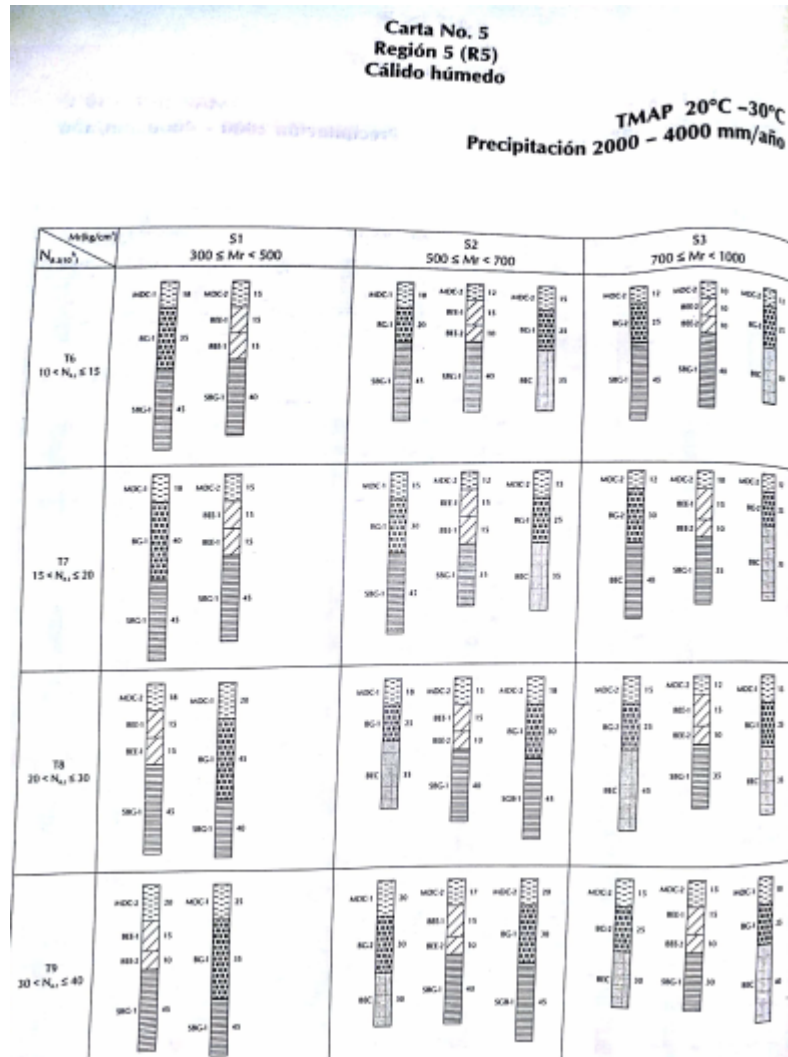


Gráfico N° 34: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

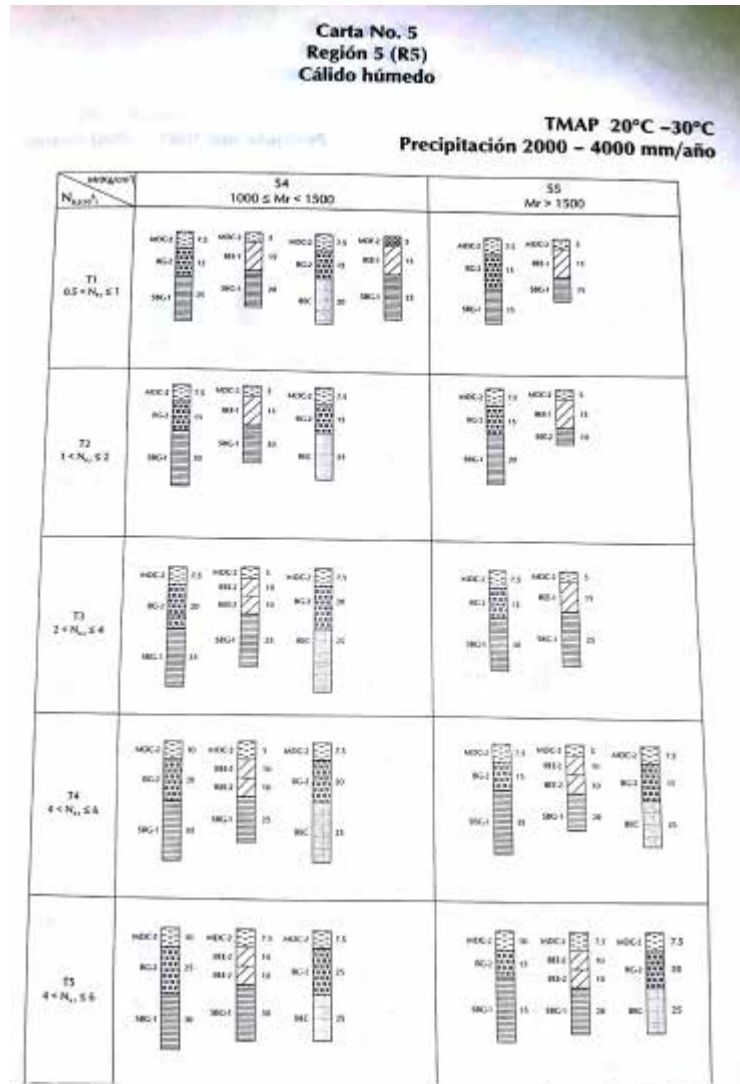


Gráfico N° 35: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

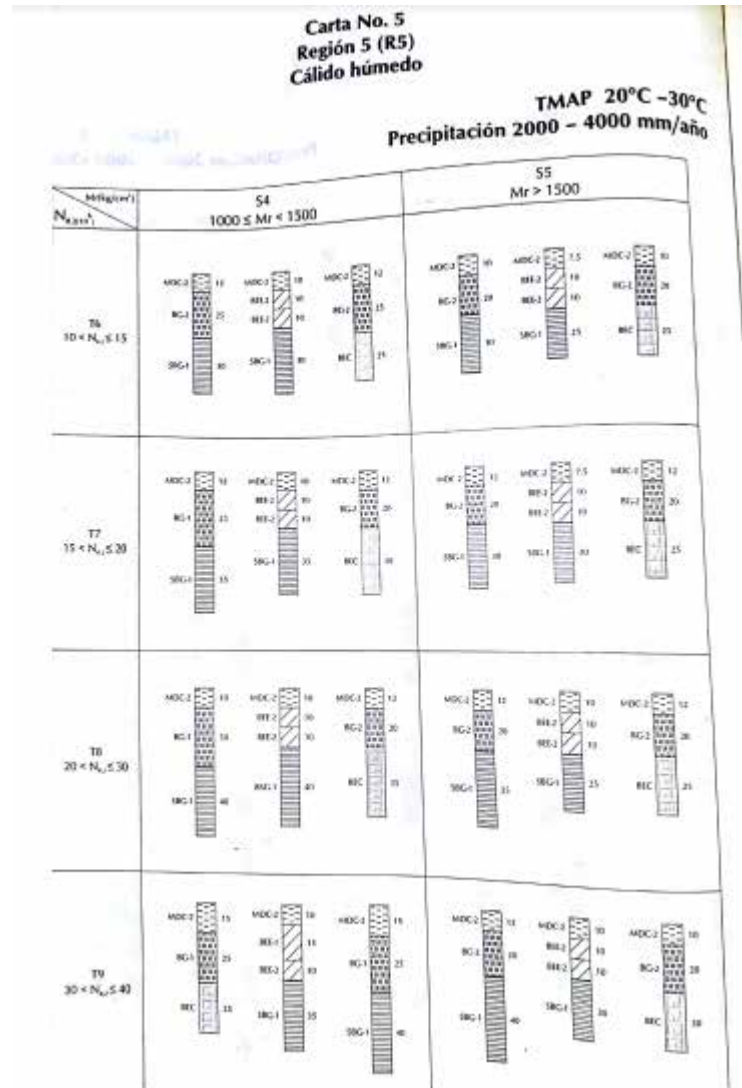


Gráfico N° 36: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

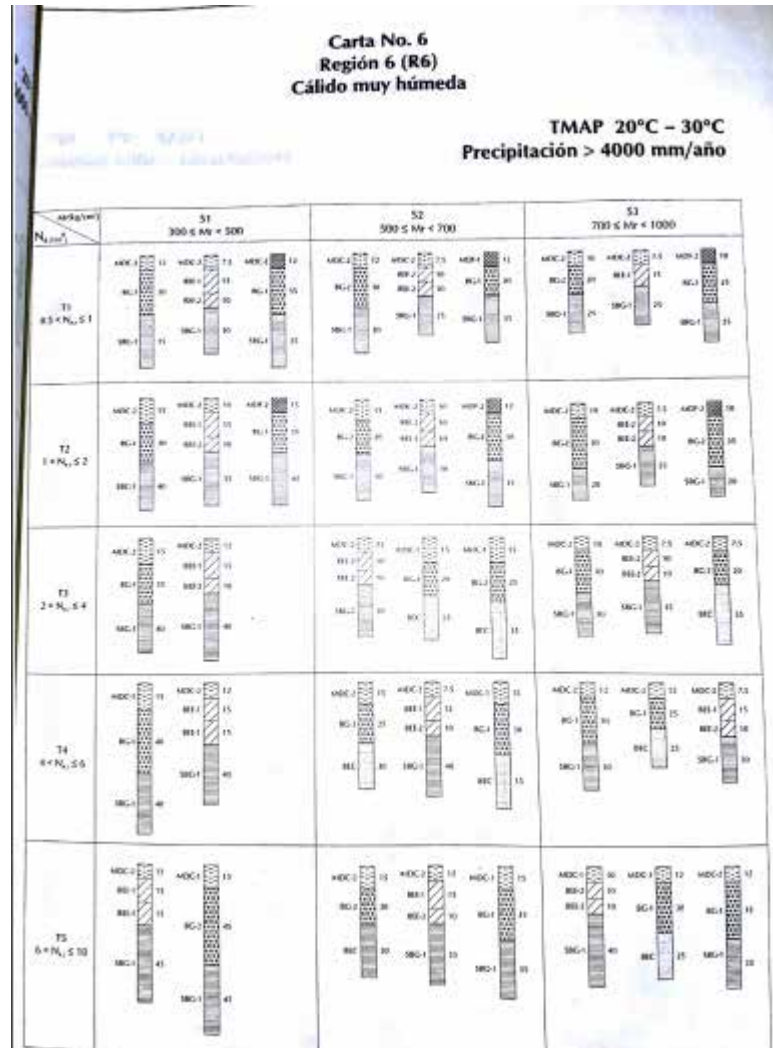


Gráfico N° 37: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

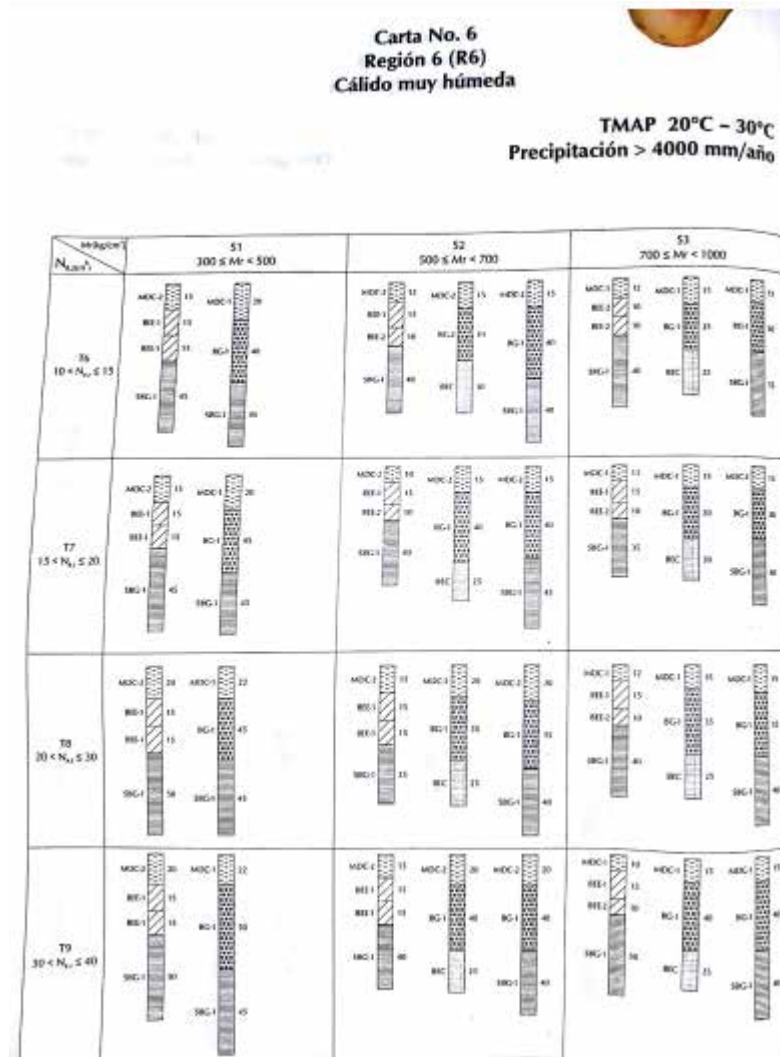


Gráfico N° 38: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

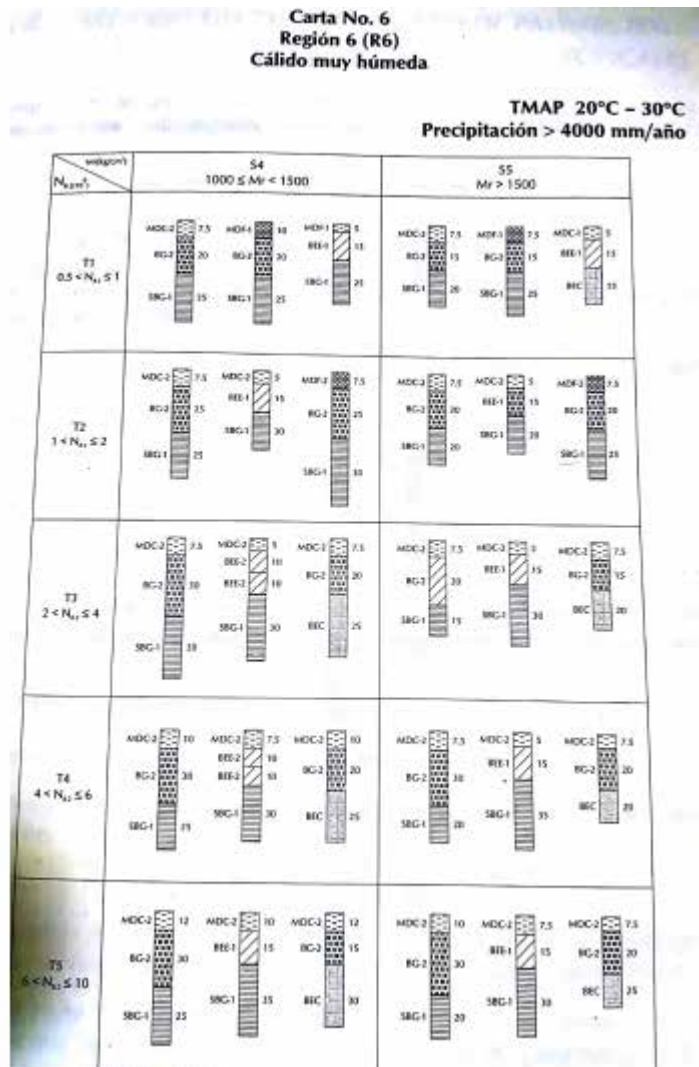


Gráfico N° 39: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

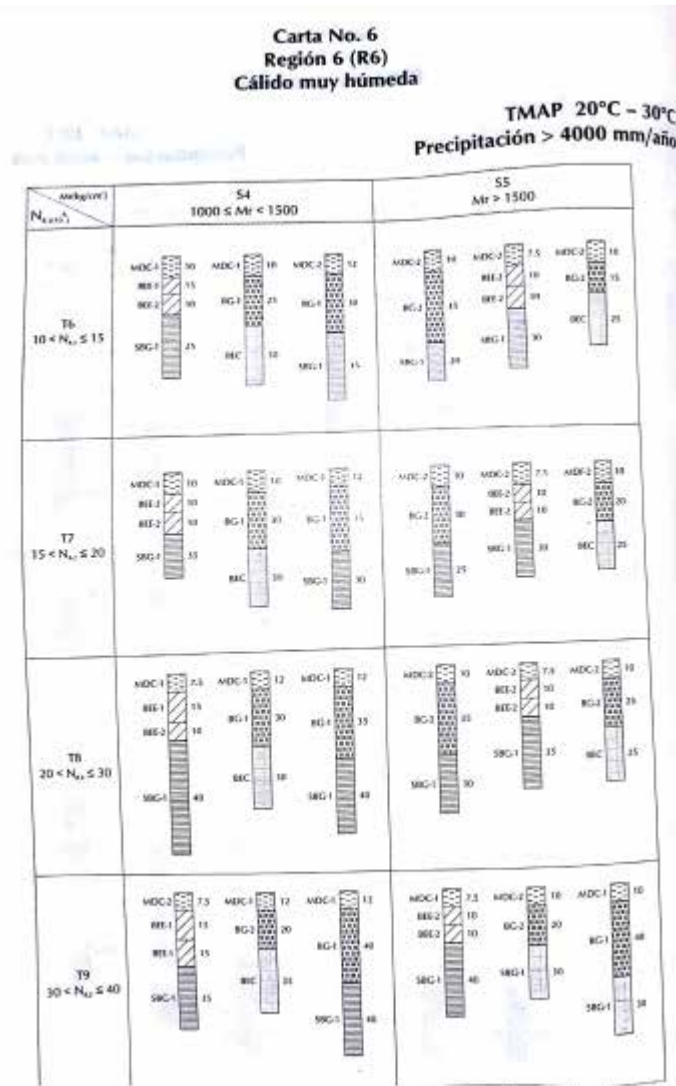


Gráfico N° 40: Carta de diseño

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

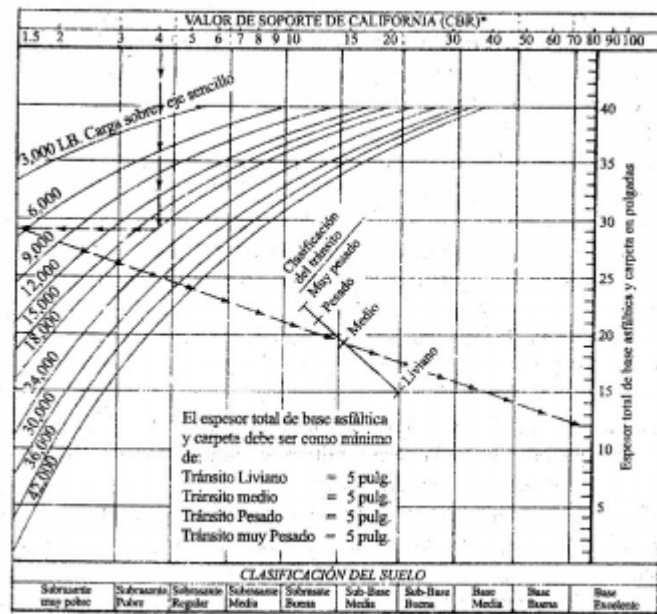


Gráfico N° 41: Diseño de espesores de pavimentos flexibles (CBR)

## 5. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

A continuación se presentan los métodos nacionales e internacionales para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles, Se presenta una descripción del método, un ejercicio paso a paso para facilitar su comprensión y ejercicios propuestos para poner en práctica lo aprendido. Todas las ecuaciones, tablas y gráficos requeridos para la aplicación de dichos métodos se encuentran en las secciones 2, 3 y 4 de esta guía.

### 5.1 Método de AASHTO 1993, pavimentos rígidos

Este método fue desarrollado en Estados Unidos en la década de los 60, para el diseño de pavimentos rígidos, basado en un ensayo a escala real realizado durante 2 años, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que represente las relaciones deterioro-solicitud de las secciones que se sometieron a ensayos. A través de la ecuación del método (ver ecuación 2.17) se obtiene el parámetro llamado número estructural, cuyo valor es indicativo del espesor total requerido de pavimento.

#### Ejercicio paso a paso del Método de AASHTO 1993

**Ejercicio:** Hacer un diseño de pavimento para 1 carril en cada dirección, con una precipitación media anual de 200 mm y dado los siguientes datos.

Datos de la estacion			
TPDS	% Autos	% Buses	% Camiones
1152	59	4	37

CRECIMIENTO ANUAL DE TRANSITO	
Durante el periodo de Diseño	3,5
Entre el Diseño y la construcción	4,5

Distribución de vehículos comerciales

Número total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	1.0
2	0.90
3	0.75

Transito Atraído	10%
Transito Generado	15%

TIPO DE CAMION	%	F.D
C2-P	21,94	1,14
C2-G	42,96	3,44
C3-C4	4,23	3,74
C5	4,92	4,40

Transito Estimado durante la construcción 72

Duración de construcción = 2 años

Camiones C3-C4	12
Camiones C5	7

- 1) Calcular el porcentaje de vehículos

$$1152 \cdot 0.59 = 679.68 \quad \text{Autos:}$$

$$1152 \cdot 0.04 = 46.08 \quad \text{Buses:}$$

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

$$1152 \cdot 0.37 = 426.24 \quad \text{Camiones:}$$

- Para calcular el % de vehículos comerciales se suman la cantidad de buses más la cantidad de camiones

$$VehComerciales := 46.08 + 426.24 = 472.32$$

-Se debe multiplicar el % de vehículos comerciales por F.D

TIPO DE CAMION	%	F.D
C2-P	21,94	1,14
C2-G	42,96	3,44
C3-C4	4,23	3,74
C5	4,92	4,40
>C5	25,94	4,72

$$0.2194 \cdot 1.14 = 0.25$$

$$0.4296 \cdot 3.44 = 1.478$$

$$0.0423 \cdot 3.74 = 0.158$$

$$0.0492 \cdot 4.40 = 0.216$$

$$0.2594 \cdot 4.72 = 1.224$$

$$Fcc := 0.25 + 1.478 + 0.158 + 0.216 + 1.224 = 3.33$$

Número total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	1.0
2	0.90
3	0.75

Como el número de carriles en cada dirección es 1, se toma como Fca = 1.0

$$Fca := 1.0$$

## 2) Cálculo de factor camión (FC)

%B= Porcentaje de Buses

%C= Porcentaje de Camiones

FCC= Factor Calculado

%VC= Porcentaje de vehículos comerciales

$$FC := \frac{(Fca \cdot \% B) + (\% C \cdot Fcc)}{\% VC}$$

$$FC := 3.103$$

3) Cálculo de ejes equivalentes en el año base mediante la siguiente ecuación

$$N_o = (N_i + N_a + N_g) F_d \cdot F_{ca} + N_c$$

-Cálculo de componentes de la ecuación

$$1152 \cdot 365 \cdot (1 + 0.045)^{3.5} = 490515 \quad \text{Ejes simples}$$

CRECIMIENTO ANUAL DE TRANSITO	
Durante el periodo de Diseño	3,5
Entre el Diseño y la construcción	4,5

0.41= % Vehículos comerciales

$$N_i := FC \cdot 0.41 \cdot 490515 = 624048 \quad \text{Ejes equivalentes al año}$$

$N_a = \% \text{Tránsito atraído} \cdot N_i$

Transito Atraído	10%
Transito Generado	15%

$$N_a := 0.1 \cdot N_i = 62405 \quad \text{Ejes al año}$$

$N_g = \% \text{Tránsito generado} \cdot N_i$

$$N_g := 0.15 \cdot N_i = 93607 \quad \text{Ejes al año}$$

$N_c = \text{Camiones día} \cdot \text{Días año} \cdot \text{Ejes de camión} \cdot \text{Años construcción}$

Transito Estimado durante la construcción  
Duración de construcción = 2 años

Camiones C3-C4	12
Camiones C5	7

Se suman  $12 + 7 = 19$  Camiones al día

$$N_c := 19 \cdot 365 \cdot 4 \cdot 2 = 55480 \quad \text{Ejes} \quad F_d := 0.60$$

$F_d$  es el Factor de distribución direccional que por lo general es de 60% y para este ejercicio también.

$$N_o := (N_i + N_a + N_g) F_d \cdot F_{ca} + N_c = 523516 \quad \text{Ejes equivalente por año base en el carril de diseño}$$

4) Cálculo de proyección del tránsito durante el periodo de diseño

**Proyeccion del transito durante el periodo de diseño**

$$N = (N_o - N_c) \frac{(1 + r)^n - 1}{r} + N_c$$

Tasa de crecimiento

Periodo de diseño

$r := 0.035$

$n := 12$

Ejes equivalentes en el carril de diseño

$N := (N_o - N_c) \frac{(1 + r)^n - 1}{r} + N_c = 6889723$

5) Confiabilidad en la estimación de tránsito

Donde So= a 0.05 según lo que nos dice la AAHSTO de 0.49 de error combinado de tránsito menos 0.44 únicamente por comportamiento

$\text{Log } N' = \text{Log } N + Z_r \cdot S_o$

**Tabla 5.44**  
Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de Tránsitos	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Tomamos que nuestra clasificación es una autopista interestatal, como el nivel de confiabilidad esta entre 80 y 99.9 hacemos un promedio y decimos que es de 90%

$NC := 90\%$

**Tabla 2.6. Valores del parámetro Zr (Suponiendo una distribución normal)**

Confiabilidad	Zr
70%	0.524
75%	0.674
80%	0.842
85%	1.036
90%	1.282
95%	1.645
96%	1.751
97%	1.881
98%	2.055
99%	2.328

Con 90% leemos el valor de Zr y nos da:

$Z_r := 1.282$

Quitándonos los logaritmos de la ecuación original  $N' := 10^{0.05 \cdot Z_r} \cdot N = 7.99 \cdot 10^6$

Nuestro valor entra en el rango de la designación T5 según la tabla 5.14

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**Tabla 5.14**  
Rangos de tránsito contemplados en el método de diseño

Designación	Rangos de tránsito acumulado por carril de diseño
T1	0.5 - 1 • 10 <sup>6</sup>
T2	1 - 2 • 10 <sup>6</sup>
T3	2 - 4 • 10 <sup>6</sup>
T4	4 - 6 • 10 <sup>6</sup>
T5	6 - 10 • 10 <sup>6</sup>
T6	10 - 15 • 10 <sup>6</sup>
T7	15 - 20 • 10 <sup>6</sup>
T8	20 - 30 • 10 <sup>6</sup>
T9	30 - 40 • 10 <sup>6</sup>

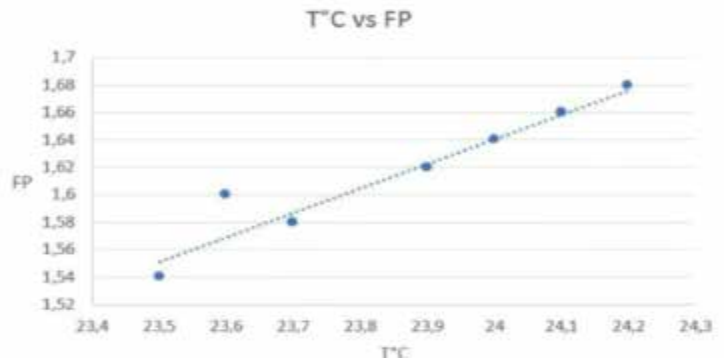
Nuestro valor entra en el rango de la designación T5 según la tabla 5.14

**6) Cálculo de temperatura media anual ponderada**

Para este cálculo, algunos organismos por medio de aforos y nos darán esta información

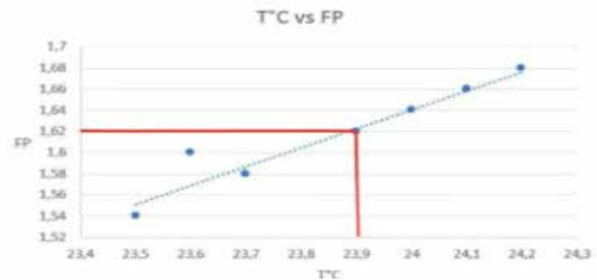
En esta gráfica se verán reflejado:

MES	T°C	FP
Enero	23,5	1,54
Febrero	23,9	1,62
Marzo	23,7	1,58
Abril	23,6	1,6
Mayo	23,7	1,58
Junio	23,9	1,62
Julio	23,9	1,62
Agosto	24,1	1,66
Septiembre	24,2	1,68
Octubre	24,1	1,66
Noviembre	24	1,64
Diciembre	23,9	1,62



-Se hace un promedio de FP que nos da 1,62. Con ese valor se entra y la tabla y se lee el valor de temperatura

El valor de la temperatura promedio nos dio 23.9 °C



GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

7) Teniendo los datos de temperatura y el dato de la precipitación media Anual, se entra en la siguiente tabla

Con los datos obtenidos previamente y leyéndolos en esta tabla observamos que nuestra región es número 5

**Tabla 5.20**  
Precipitación y condiciones de humedad para el ensayo

No	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)	Condiciones de humedad para el ensayo
R1	Fría seca	< 13	< 1000	Con humedad y densidad de equilibrio, Norma I.N.V. E-146
	Fría semihúmeda	< 13	1000 - 2000	Sumergido
R2	Templado seco	13 - 20	< 1000	Con humedad y densidad de equilibrio, Norma I.N.V. E-146
	Templado semihúmedo	13 - 20	1000 - 2000	Sumergido
R3	Cálido seco	20 - 30	< 1000	Con humedad y densidad de equilibrio, Norma I.N.V. E-146
	Cálido semihúmedo	20 - 30	1000 - 2000	Sumergido
R4	Templado húmedo	13 - 20	2000 - 4000	Sumergido
R5	Cálido húmedo	20 - 30	2000 - 4000	Sumergido
R6	Cálido muy húmedo	20°C - 30°C	> 4000	Sumergido

Tiempo de inmersión: 4 días para suelos limosos poco plásticos.  
8 días para suelos arcillosos y limosos plásticos.

8) Observamos las características del suelo

Caracterización de la subrasante

Valores del CBR
5 - 5,3 - 6,0 - 6,8
9,0 - 6,5 - 7,0 - 8,0 - 8,5

Se hace un promedio de este estudio de posibles CBR para la subrasante que nos da 6.9

-Módulo de Resiliencia

$$MR := CBR \cdot 100 = 690$$

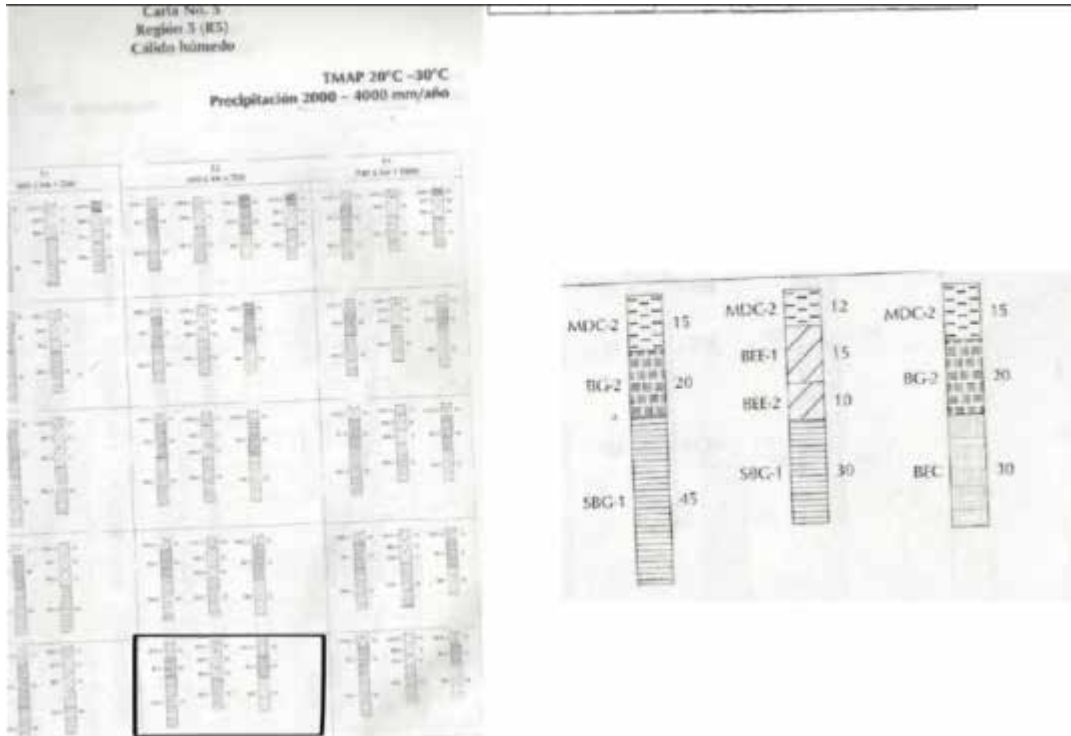
**Tabla 5.19**  
Entornos de la resistencia

Categoría	Intervalo módulo resiliente (E) kg/cm <sup>2</sup>	Intervalo C.B.R. %	Descripción
S1	300 - 500	3 ≤ CBR < 5	Categoría que comprende los suelos que por condiciones topográficas y drenaje natural, se encuentran con elevados contenidos de humedad.
S2	500 - 700	5 ≤ CBR < 7	En esta categoría están los grupos de los suelos conformados por cenizas volcánicas, abundantes en la zona andina con elevados contenidos de humedad. También los grupos de suelos sedimentarios arena-arcillosos con humedades naturales que proporcionan a los suelos consistencias entre bajas y medias.
S3	700 - 1000	7 ≤ CBR < 10	En esta categoría se ubican los depósitos con altos contenidos de fragmentos de roca, ubicados en las zonas relativamente secas.
S4	1000 - 1500	10 ≤ CBR < 15	Suelos arena-limosos ubicados en regiones cálidas húmedas.
S5	> 1500	CBR ≥ 15	En esta categoría están los suelos gruesos de origen ígneo, depósitos aluviales recientes, algunos depósitos de arenas eólicas.

Con el valor de 690 entramos a la tabla 5.19 y nos arroja que es categoría S2

# GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar



**Conclusión:** Para entrar en la tabla final, se busca primero en la región 5, luego de eso buscamos que sea designación T5 y una categoría S2. Nos dará 3 tipos de posibles diseños y debemos elegir según sea más conveniente para nuestro proyecto.

## **5.2 Método de Portland Cement Association (PCA)**

Este método puede aplicarse para pavimentos de concreto simple con espaciamiento de juntas de 4.50 m y de 6.00m, de concreto reforzado con espaciamiento de juntas de 12.00m y concreto reforzado continuo, tomando en cuenta el grado de transferencia de carga en las juntas transversales, el efecto de las bermas de concreto, el criterio de diseño por fatiga y de diseño por erosión. Los factores que se consideran en el diseño son, la resistencia a flexión del concreto de 28 días, la resistencia de la subrasante o combinación subrasante y sub-base por CBR, así como el incremento de este valor según el uso de una base granular o una base de suelo-cemento. De igual manera se considera para el diseño por este método, los pesos, frecuencias y tipos de cargas axiales de los camiones y el periodo de diseño.

### **Ejercicio paso a paso Método de PCA**

Diseñar por el método PCA un pavimento de concreto simple para una vida de 4 carriles, en la cual se espera un TDP inicial de 12900 vehículos de los cuales un 19% son comerciales (buses y camiones). Se estima un crecimiento anual del 4% en vehículos comerciales durante los 20 años del periodo de diseño del pavimento. Se ha realizado un pesaje de cargas en la región del proyecto y los resultados se presentan en la siguiente tabla:

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

(1) Carga por eje, KN	(2) Ejes por cada 1000 vehículos comerciales	(3) Ejes por 1000 comerciales (ajustado)	(4) # esperado de ejes en el periodo de diseño
Ejes simples			
125-133	0.28	0.58	6310,00
115-125	0.65	1.35	14690,00
107-115	1.33	2.77	30140,00
97.8-107	2.84	5.92	64410,00
88.8-97.8	4.72	9.83	106900,00
80-88.8	10.40	21.67	235800,00
71.1-80	13.56	28.24	307200,00
62.2-71.1	18.64	38.83	422500,00
53.3-62.2	25.89	53.94	586900,00
44.4-53.3	81.05	168.85	1837000,00
Ejes tándem			
213-231	0.94	1.96	21320,00
195-213	1.89	3.94	42870,00
178-195	5.51	11.98	124900,00
160-178	16.45	34.27	372900,00
142-160	39.08	81.42	885800,00
125-142	41.06	85.54	930700,00
107-125	73.07	152.23	1656000,00
88.8-107	43.45	90.52	984900,00
71.1-88.8	54.15	112.81	1227000,00
53.3-71.1	59.85	124.69	1356000,00

Se asume un factor de carga (FSC) igual a 1.2, el suelo de subrasante es de arcilla cuyo módulo de reacción es de  $100 \frac{lb}{in^3}$  y se puede obtener un concreto con un módulo de rotura de  $4.5 MPa = 6500 \frac{lb}{in^2}$  presentar una alternativa de diseño cuyas juntas tengan varillas de transferencia y que no posea bermas o bordillos en concreto.

**Paso 1) Determinar el K de diseño**

-Debido a que la subrasante es de arcilla es conveniente colocar una sub-base que para este caso se asume que es granular, con un espesor de  $100 mm (4 in)$ . Con el espesor de la sub-base y el módulo de reacción de la subrasante  $27 MPa (100 \frac{lb}{in^3})$ .

**Paso 2) Haciendo uso de la Tabla N° 22 (Valores de K para sub-base por**

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

combinada), Se asume 100 porque es el valor mínimo para ingresar a la tabla.

Efecto de la subbase granular sobre los valores de K									
Valor de k para sub-rasante		Valor de K para subbase por combinada							
		100 mm		150mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3	Mpa/m	lb/pulg.3
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Paso 3) Buscar en la tabla según el valor de k= 27 Mpa/m, como no está debemos interpolar para encontrar nuestro valor de K:

Para 100 mm

$$\frac{20 \text{ Mpa}}{73 \text{ m}} = \frac{23 \text{ Mpa}}{85 \text{ m}}$$

$$\frac{27 \text{ Mpa}}{m} = X \frac{m}{165 \text{ Mpa}}$$

$$\frac{40 \text{ Mpa}}{147 \text{ m}} = \frac{45 \text{ Mpa}}{180 \text{ m}} \therefore X = 35 \frac{\text{Mpa}}{m}$$

Paso 4) Determinar el número adecuado de vehículos comerciales en el carril de diseño y durante el periodo de diseño. Haciendo uso de la Tabla N° 23 (Tasas anuales de tráfico y factores de proyección correspondientes).

Como tenemos un crecimiento anual del 4% y un periodo de 20 años, entramos a la tabla con esos datos y tomamos el valor para el factor de proyección.

Tasa anual de crecimiento de tráfico	Factor de Proyección, 20 años	Factor de Proyección, 40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

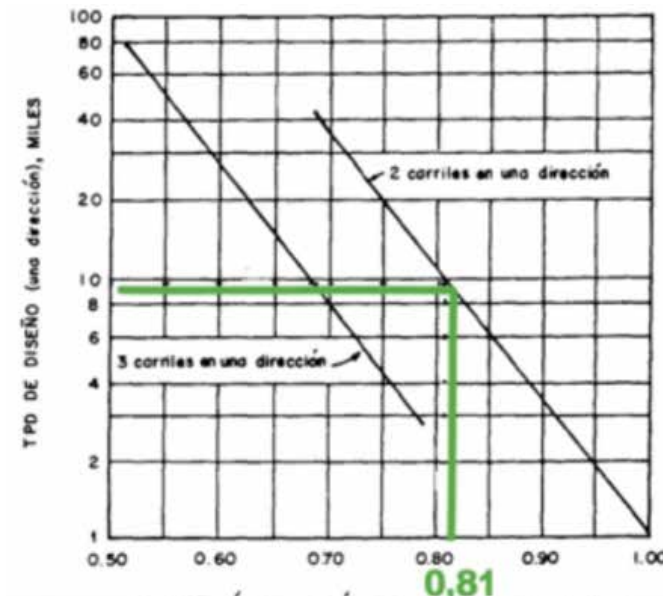
$$TDP := 12900 \cdot 1.5 = 19350 \text{ Vehículos}$$

Esta cantidad de vehículos es total, debemos dividirlo entre 2 para saber la cantidad de vehículos que circulan por sentido.

$$\frac{TDP}{2} = 9675$$

Vehículos por sentido o cada dos carriles

**Paso 5) Según el valor obtenido de vehículos por sentido o cada dos carriles, se ingresa en el Gráfico N° 10 (proporción de vehículos comerciales en carril derecho)**



**Paso 6) Determinar el número de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño.**

$$\text{Tacumulado} = 9675 * 0.19 * 0.81 * 365 * 20 = 10880000 \text{ vehículos comerciales.}$$

**Paso 7) Asumir valores para comprobar, de no cumplir debe repetirse el procedimiento con distintos valores.**

$$\text{Espesor de losa tanteo} = 240 \text{ mm}$$

$$K \text{ combinado} = 35 \text{ MPa}$$

Periodo de diseño = 20 años.

Factor de seguridad = 1.2

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Módulo de rotura= 4.5 **MPa**

**Paso 8)** ingresar en la tabla N° 24, según el espesor de losa y K combinado, para hallar el esfuerzo equivalente. Ya que el valor de K no aparece directamente en la tabla se debe interpolar.

Esfuerzo equivalente-sin berma de concreto (eje simple/eje tándem)						
Espesor de losas (m.m.)	K combinado (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42/4.39	4.75/3.83	4.38/3.59	4.13/3.44	3.66/3.22	3.45/3.15
110	4.74/3.88	4.16/3.35	3.85/3.12	3.63/2.97	3.23/2.76	3.06/2.68
120	4.19/3.47	3.69/2.98	3.41/2.75	3.23/2.62	2.88/2.40	2.73/2.33
130	3.75/3.14	3.30/2.68	3.06/2.46	2.89/2.33	2.59/2.13	2.46/2.05
140	3.37/2.87	2.97/2.43	2.76/2.23	2.61/2.10	2.34/1.90	2.23/1.83
150	3.06/2.64	2.70/2.23	2.51/2.04	2.37/1.92	2.13/1.72	2.03/1.65
160	2.79/2.45	2.47/2.06	2.29/1.87	2.17/1.76	1.95/1.57	1.86/1.50
170	2.56/2.28	2.26/1.91	2.10/1.74	1.99/1.63	1.80/1.45	1.71/1.38
180	2.37/2.14	2.09/1.79	1.94/1.62	1.84/1.51	1.66/1.34	1.58/1.27
190	2.19/2.01	1.94/1.67	1.80/1.51	1.71/1.41	1.54/1.25	1.47/1.18
200	2.04/1.90	1.80/1.58	1.67/1.42	1.59/1.33	1.43/1.17	1.37/1.11
210	1.91/1.79	1.68/1.49	1.56/1.34	1.48/1.25	1.34/1.10	1.28/1.04
220	1.79/1.70	1.57/1.41	1.46/1.27	1.39/1.18	1.26/1.03	1.20/0.98
230	1.68/1.62	1.48/1.34	1.38/1.21	1.31/1.12	1.18/0.98	1.13/0.92
240	1.58/1.55	1.39/1.28	1.30/1.15	1.23/1.06	1.11/0.93	1.06/0.87
250	1.49/1.48	1.32/1.22	1.22/1.09	1.16/1.01	1.05/0.88	1.00/0.83
260	1.41/1.41	1.25/1.17	1.16/1.05	1.10/0.97	0.99/0.84	0.95/0.79
270	1.34/1.36	1.18/1.12	1.10/1.00	1.04/0.93	0.94/0.80	0.90/0.75
280	1.28/1.30	1.12/1.07	1.04/0.96	0.99/0.89	0.89/0.77	0.86/0.72
290	1.22/1.25	1.07/1.03	0.99/0.92	0.94/0.85	0.85/0.74	0.81/0.69
300	1.16/1.21	1.02/0.99	0.95/0.89	0.90/0.82	0.81/0.71	0.78/0.66
310	1.11/1.16	0.97/0.96	0.90/0.86	0.86/0.79	0.77/0.68	0.74/0.64
320	1.06/1.12	0.93/0.92	0.86/0.83	0.82/0.76	0.74/0.66	0.71/0.62
330	1.02/1.09	0.89/0.89	0.83/0.80	0.78/0.74	0.71/0.63	0.68/0.59
340	0.98/1.05	0.85/0.86	0.79/0.77	0.75/0.71	0.68/0.61	0.65/0.57
350	0.94/1.02	0.82/0.84	0.76/0.75	0.72/0.69	0.65/0.59	0.62/0.55

Siendo así, se obtiene un esfuerzo equivalente:

Eje simple=1.44

Eje tándem= 1.35

**Paso 89)** Determinar los factores de relación de esfuerzos

Eje simple/módulo de rotura:

$$\frac{1.44}{4.5} = 0.32$$

Eje tándem/módulo de rotura

$$\frac{1.35}{4.5} = 0.3$$

**Paso 910)** Determinar los factores de erosión empleando la tabla N° 25, ingresando con el espesor de losa=240 mm y=35 Mpa, dado que este último no aparece directamente en la tabla, se debe interpolar

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**Tabla 6.7**  
Factores de erosión -juntas con pasadores-  
Sin bermas en concreto (eje simple/eje tandem).

Espesor de losa (mm)	K Combinado (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	3.76/3.83	3.75/3.79	3.74/3.77	3.74/3.76	3.72/3.72	3.70/3.70
110	3.63/3.71	3.62/3.67	3.61/3.65	3.61/3.63	3.59/3.60	3.58/3.58
120	3.52/3.61	3.50/3.56	3.49/3.54	3.49/3.52	3.47/3.49	3.46/3.47
130	3.41/3.52	3.39/3.47	3.39/3.44	3.38/3.43	3.37/3.39	3.35/3.37
140	3.31/3.43	3.30/3.38	3.29/3.35	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
150	3.22/3.36	3.21/3.30	3.20/3.27	3.19/3.25	3.17/3.21	3.16/3.19
160	3.14/3.28	3.12/3.22	3.11/3.19	3.10/3.17	3.09/3.13	3.08/3.12
170	3.06/3.22	3.04/3.15	3.03/3.12	3.02/3.10	3.01/3.06	3.00/3.04
180	2.99/3.16	2.97/3.09	2.96/3.06	2.95/3.03	2.93/2.99	2.92/2.97
190	2.92/3.10	2.90/3.03	2.88/2.99	2.88/2.97	2.86/2.93	2.85/2.91
200	2.85/3.05	2.83/2.97	2.82/2.94	2.81/2.91	2.79/2.87	2.78/2.85
210	2.79/2.99	2.77/2.92	2.75/2.88	2.75/2.86	2.73/2.81	2.72/2.79
220	2.73/2.95	2.71/2.87	2.69/2.83	2.69/2.80	2.67/2.76	2.66/2.73
230	2.67/2.90	2.65/2.83	2.64/2.78	2.63/2.75	2.61/2.70	2.60/2.68
240	2.62/2.86	2.60/2.78	2.58/2.73	2.57/2.71	2.55/2.66	2.54/2.63
250	2.57/2.82	2.54/2.73	2.53/2.69	2.52/2.66	2.50/2.61	2.49/2.59
260	2.52/2.78	2.49/2.69	2.48/2.65	2.47/2.62	2.45/2.56	2.44/2.54
270	2.47/2.74	2.44/2.65	2.43/2.61	2.42/2.58	2.40/2.52	2.39/2.50
280	2.42/2.71	2.40/2.62	2.38/2.57	2.37/2.54	2.35/2.48	2.34/2.46
290	2.38/2.67	2.35/2.58	2.34/2.53	2.33/2.50	2.31/2.44	2.30/2.42
300	2.34/2.64	2.31/2.55	2.30/2.50	2.29/2.46	2.26/2.41	2.26/2.38
310	2.29/2.61	2.27/2.51	2.25/2.46	2.24/2.43	2.22/2.37	2.21/2.34
320	2.25/2.58	2.23/2.48	2.21/2.43	2.20/2.40	2.18/2.33	2.17/2.31
330	2.21/2.55	2.19/2.45	2.17/2.40	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.28

De donde se obtiene los factores de erosión:

Para eje simple: 2.61

Para eje tandem: 2.80

**Paso 1011) Crear una hoja de cálculo para facilitar el proceso, con los siguientes parámetros.**

Carga por eje KN	Ejes por 1000 comerciales ajustados	Carga Multiplicado por FSC	Repeticiones esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosion	
				Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Fatiga (%)	Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Fatiga (%)

Para lo cual se debe:

-Multiplicar los valores de carga por eje, por el factor de seguridad obtenido.

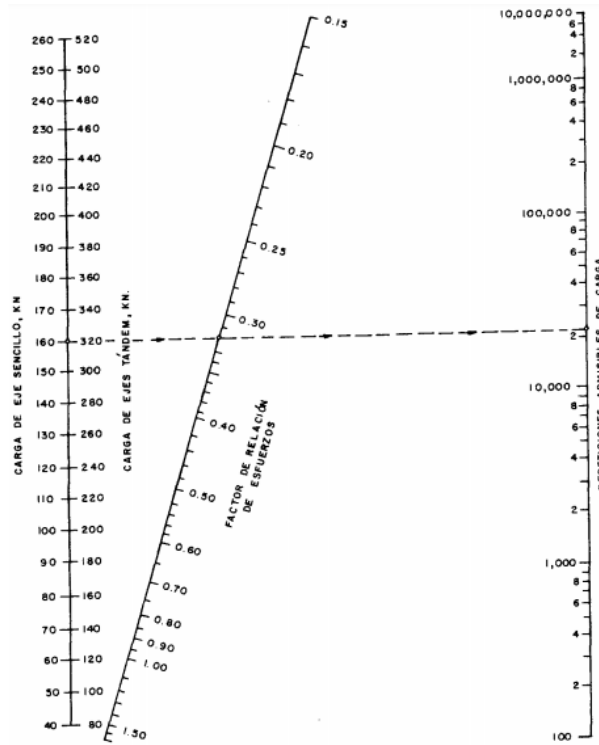
-Determinar el número de repeticiones esperadas, haciendo uso de la ecuación:

$(\text{Eje por } 1000 * \text{Vehículos comerciales}) / 1000$

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

-Obtener el número de repeticiones admisibles, haciendo uso del gráfico N° 11



Ingresando con el valor de carga multiplicado por FSC (160), unir con una línea recta con el factor de relación de esfuerzos (0.32) y extender la línea hasta el eje de repeticiones admisibles.

-Determinar los porcentajes de fatiga para todos los valores de repeticiones esperadas, según la ecuación:

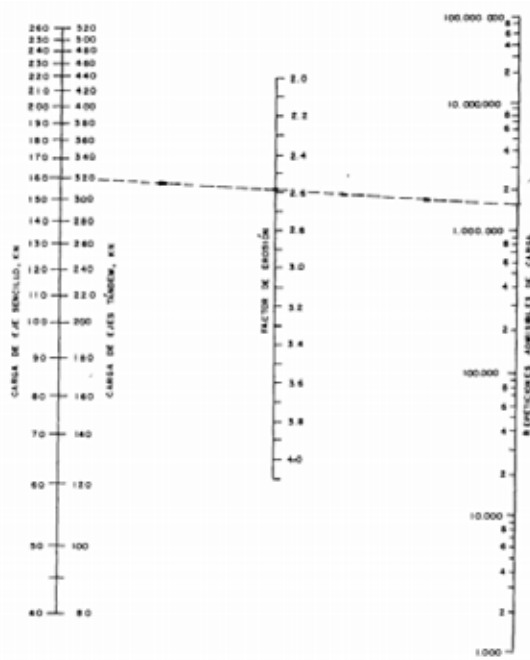
---

-Realizar el análisis de erosión, haciendo uso del gráfico N° 12 para determinar las repeticiones de cargas admisibles, antes de que el pavimento falle por problemas de erosión.

Nota: en este caso se tiene un pavimento sin bermas de concreto, por lo que se hace uso del gráfico N°12, en caso de pavimento con bermas, se hace uso del gráfico N° 13.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar



Ingresar al gráfico con el valor de carga multiplicado por FCS, ubicar en el eje de factor de erosión, el valor calculado (2.61), unir ambos puntos con una línea recta y extender hasta el eje de repeticiones admisibles, para leer su valor

-Determinar el porcentaje de daños, según la siguiente ecuación:

---


$$\frac{6310}{1400000} \cdot 100 = 0.5$$

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Resultados obtenidos de la hoja de cálculo

Carga por eje KN	Ejes por 1000 comerciales ajustados	Carga Multiplicado por FSC	Repeticiones esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosion	
				Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Fatiga (%)	Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Fatiga (%)
133	0,58	159,6	6310,4	21000	30,0	1400000	0,5
125	1,35	150	14688	55000	26,7	2000000	0,7
115	2,77	138	30137,6	180000	16,7	3000000	1,0
107	5,92	128,4	64409,6	800000	8,1	5100000	1,3
98	9,83	117,6	106950,4	ilimitado	0	9200000	1,2
89	21,67	106,8	235769,6	ilimitado		20000000	1,2
80	28,24	96	307251,2	ilimitado		42000000	0,7
71	28,83	85,2	313670,4	ilimitado			
62	53,94	74,4	586867,2	ilimitado			
53	168,85	63,6	1837088	ilimitado			

**Paso 112) Repetir el paso 10 para eje tándem, de donde se obtiene:**

Carga por eje Tandem KN	Ejes por 1000 comerciales ajustados	Carga Multiplicado por FSC	Repeticiones esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosion	
				Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Fatiga (%)	Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Fatiga (%)
231	1,96	277,2	21324,8	500000	4,3	910000	2,3
213	3,94	255,6	42867,2	350000	12,2	1500000	2,9
195	11,98	234	130342,4	ilimitado		2400000	5,4
178	34,27	213,6	372857,6	ilimitado		4000000	9,3
160	81,42	192	885849,6	ilimitado		7600000	11,7
142	85,54	170,4	930675,2	ilimitado		35000000	2,7
125	152,23	150	1656262,4	ilimitado		ilimitado	

**Paso 1213) Sumar los % de fatiga y los % de daños por erosión, obteniendo así:**

% fatiga=87%

% Daño= 38,3%

**Paso 1314) verificar según los % de fatiga y de daño, si el espesor de losa asumido cumple**

Conclusión: Dado que el porcentaje de fatiga es de 87% y el de daño es de 38,3% ninguno de los dos llega a 100% del espesor de los tanteado de 240 mm, por lo tanto este cumple y la sub-base granular de 100mm también cumple.

### 5.3 Método del instituto de Asfalto (revisión 1981) para pavimentos flexibles

Este método considera la estructura del pavimento como un sistema elástico de capas múltiples, donde el material de cada una de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad, la estructura que considera este método está compuesta por una capa asfáltica, base, sub-base y subrasante. El método consiste en determinar, a través del uso de gráficos, ecuaciones y tablas, los parámetros de diseño tales como, promedio de pesos brutos de vehículos pesados, valor máximo de carga por eje, Número de tránsito inicial, porcentaje de crecimiento anual y espesor de pavimento.

#### Ejercicio paso a paso del método del Instituto de Asfalto

Diseñar pavimento para una vía de 2 carriles, en la que se espera un tránsito promedio diario inicial de 20000 vehículos, con 11% de vehículos pesados en ambas direcciones. Tendrá un periodo de diseño de 20 años con un 4% de crecimiento de tránsito esperado y con una clasificación de subrasante mala, promedio de 40000 Lb de peso bruto de vehículos pesado

#### 1) Entrar a la tabla 2 para leer el porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño

TABLA 2	
<i>Porcentaje del total de vehículos pesados en el carril de diseño</i>	
<i>Número de carriles totales</i>	<i>Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño</i>
2	50
4	45 (35-48)*
6 o más	40 (25-48)*

\*Probable rango

-Tenemos 50% de vehículos pesados en el carril de diseños

-Tenemos 11% de vehículos pesados en ambas direcciones

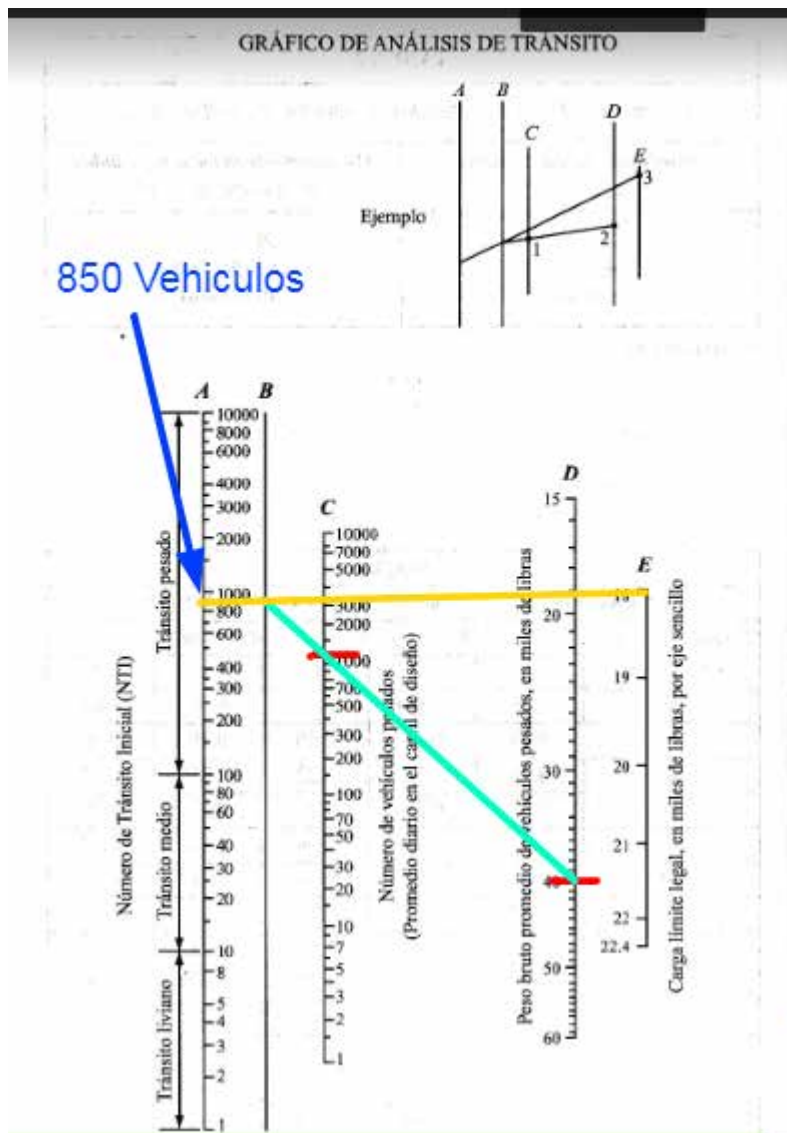
$$20000 \cdot \frac{11}{100} \cdot \frac{50}{100} = 1100 \quad \text{Vehículos}$$

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

2) Para entrar en la gráfica de Ábacos

- Se ubica en la línea D el valor de 40000 Lb de peso bruto de vehículos pesados
- En la línea C se ubican los 1100 vehículos
- Se traza una línea desde el valor D pasando por el valor C hasta tocar la línea en B
- Desde la línea E se toma el valor de 18000 Lb que es el valor de carga por eje y se traza una línea hasta el punto B y si se extiende para su lectura en A.



GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**3) Entrar en la tabla número 3**

-Se toma el valor del periodo de diseño de 20 años y se toma el valor de crecimiento del tránsito para hallar el factor de ajuste.

**TABLA 3**  
*Factores de ajuste al Número de Tránsito Inicial (NTI)*

Periodo de diseño en años (n)	Porcentaje de crecimiento anual (r)				
	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22

**4) Ajustamos con el factor obtenido**

Vehículos

$$NTD := 850 \cdot 1.49 = 1266.5$$

Se debe aproximar al valor del número entero por encimar

Vehículos

$$NTD := 12667$$

**5) Dado el tipo de terreno procedemos a ubicar el valor del CBR**

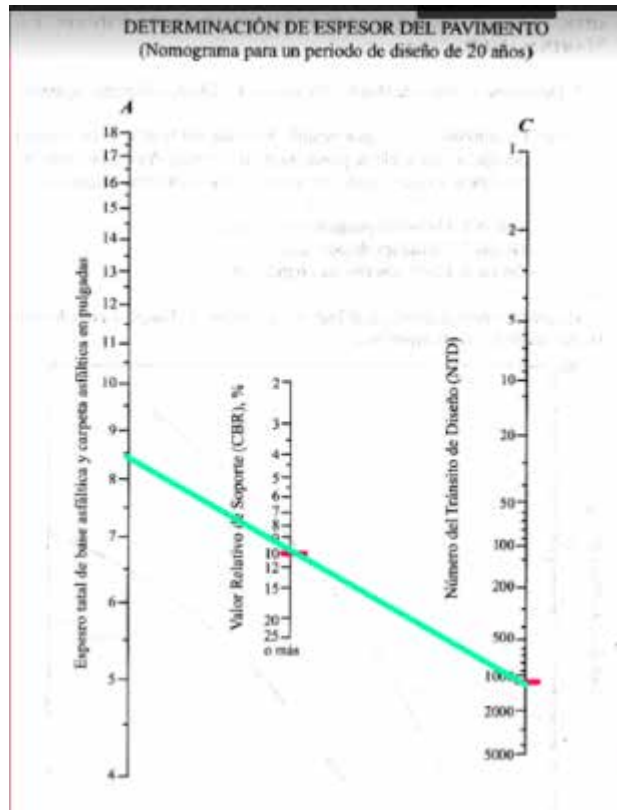
GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

CBR	Clasificación
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
11 - 20	Subrasante regular o buena
21 - 30	Subrasante muy buena
31 - 50	Subbase buena
51 - 80	Base buena
81 - 100	Base muy buena

Nuestro valor de CBR puede ser 5 o 10, tomamos el valor máximo

**6) Determinar el espesor del pavimento**



-Con el NTD entramos en la línea C, cortamos con el valor de CBR y leemos en la línea A el espesor en pulgadas  
cm

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

$$e := 8.5 \cdot 2.54 = 21.59$$

7) Desglosamos el espesor de cada capa

<i>Intensidad de tránsito de vehículos con capacidad de carga igual o superior a 3 ton métricas, considerado en un solo sentido</i>	<i>Curva aplicable para proyecto de espesores</i>	<i>Espesor mínimo de base</i>
Menos de 500 vehículos al día	IV	12 cm
De 500 o 1,000 vehículos al día	III	12 cm
De 10,00 a 2,000 vehículos al día	II	15 cm
Más de 2,000 o autopistas	I	15 cm

Como nuestro valor está entre 1000 y 2000 vehículos nuestro valor es de 15 cm

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

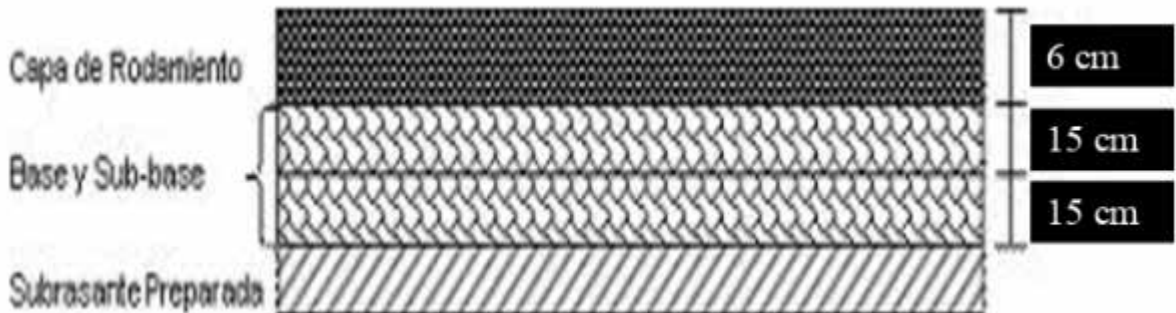
Se trabajara con mezcla en planta dosificada para tránsito pesado

ETAPAS DE UNA CARRETERA 15

Tipo de Carpeta Asfáltica	Espesor de la carpeta				
	Tránsito muy liviano	Tránsito liviano	Tránsito medio	Tránsito pesado	Tránsito muy pesado
Traamiento Superficial Simple	1	1	—	—	—
Traamiento Superficial Doble	1.5	1.5	1.5	—	—
Mezcla en el lugar	2	3	4	6	—
Mezcla en planta dosificada por volumen	2	3	4	6	—
Concreto asfáltico, dosificado en planta por peso y con C.A.	2	3	4	6	8

Estos valores se refieren a carga por eje sencillo de 8,118 kg o de eje múltiple de 13,500 kg.  
Para poder aplicar los valores de la tabla anterior es necesario conocer la densidad de tránsito y clasificarla de acuerdo con la tabla que sigue:

El espesor de la carpeta es de 6 cm



El espesor total de la carpeta es de 36cm

if(36 cm > 21.6 cm, "Cumple diseño minimo de carpeta", "No cumple") = "Cumple diseño minimo de carpeta"

Como 36cm es mayor a 21.6cm entonces cumple como diseño mínimo de carpeta

#### 5.4 Norma INVEAS, Versión revisada diciembre 2004

Este no se trata un método propiamente dicho, sino, de la norma del Instituto Venezolano de Asfalto. El diseño de pavimento basado en esta norma va más allá de establecer el espesor del pavimento, incluye también los requisitos particulares para la producción, construcción y medición de mezclas de concreto asfáltico en caliente. A continuación se presenta un compendio de lo establecido en la norma:

##### 5.4.1 Tipos de mezcla

En esta especificación se incluyen cuatro tipos de mezcla de concreto asfáltico, distinguidas en función de su tamaño nominal máximo, las cuales se identifican como M-25, M-19, M-12 y M-9. La estructura granulométrica de cada mezcla se indica en la siguiente tabla:

		TIPO DE LA MEZCLA			
		M25	M19	M12	M9
Malla (tamiz)	Designación de la mezcla de acuerdo al Tamaño Nominal Máximo				
mm	Tamaño	25.4 mm	19.1 mm	12.5 mm	9.5 mm
37.5	1.5 pulg	100			
25.4	1 pulg	90/100	100		
19.1	3/4 pulg	< 90	90/100	100	
12.5	1/2 pulg	56/80	< 90	90/100	100
9.5	3/8 pulg		56/80	< 90	90/100
4.75	# 4	29/59	35/65	44/74	55/85
2.36	# 8	19/45	23/49	28/58	32/67
0.30	# 50	5/17	5/19	5/21	7/23
0.075	# 200	1/7	2/8	2/10	2/10

##### 5.4.2 Tamaño máximo nominal

Es la abertura en milímetros de la malla inmediatamente superior a la primera malla que retiene más de un 10% del agregado, de acuerdo con los resultados del ensayo de Granulometría, en la norma se consideran las siguientes aberturas de malla

Abertura en mm	37,5	25,4	19,1	12,5	9,5	4,75	2,36	0,60	0,30	0,15	0,075
Tamiz	1,5 pulg.	1,5 pulg	¾ pulg	½ pulg	3/8 pulg	# 4	# 8	# 30	# 50	# 100	# 200

##### 5.4.3 Tipos de tránsito según la norma

A los efectos de aplicación de la norma, el tránsito vehicular se clasifica como ALTO, MEDIO o BAJO de acuerdo a las siguientes consideraciones:

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

TIPO DE TRÁNSITO			
Características del tránsito	ALTO	MEDIO	BAJO
Ejes Equivalentes (EE) a 8,2 Ton. en el periodo de diseño	> 20 millones	2 a 20 millones	< 2 millones
Camiones/Día por sentido	> 800	100 - 800	< 100
PDT por sentido	> 3.000	500 - 3.000	< 500

#### 5.4.4 Materiales

La norma establece como los materiales que se utilizan en el pavimento, los siguientes:

##### -Agregados:

El agregado debe provenir de piedra picada, grava picada, escoria acería, arena natural y/o manufacturada y polvillo, en diferentes proporciones, debe proceder de rocas duras y resistentes; no debe tener arcilla en terrones ni como partícula adherida a los granos y debe estar libre de todo material orgánico.

A efectos de esta norma se denomina arena manufacturada a la fracción pasante el tamiz de 9,5mm (3/8") proveniente de un mínimo de 90% de procesos de trituración. Cualquier otra arena que no cumpla con este requisito se considerará como arena natural.

##### -Combinación de diseño (CD)

Es la estructura granulométrica de la mezcla de agregados empleada en el laboratorio para el diseño de Marshall que permitirá establecer las propiedades de control de la mezcla asfáltica. La combinación de Diseño (CD) debe satisfacer los límites indicados en la tabla del tipo de mezcla antes mostrada.

La estructura granulométrica de la CD se clasifica en fracción gruesa y fracción fina, explicadas a continuación

**Fracción gruesa:** es la porción de agregado de la CD que queda retenida en la malla de 2,38mm (tamiz #8), debe cumplir que el porcentaje de trozos alargados y planos sea menor a 10% en peso y que el porcentaje de desgaste de los Angeles, determinado según ASTM C-131, debe cumplir lo siguiente:

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

DESGASTE LOS ANGELES (ASTM C-131)			
Posición de la capa en la estructura del pavimento	TIPO DE TRÁNSITO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Rodamiento	< 40%	< 45%	< 45%
Distinta a rodamiento	< 45%	< 50%	< 50%

Así mismo la fracción gruesa debe cumplir que el porcentaje de desgaste del sulfato de magnesio debe ser según:

DESGASTE EN SULFATO DE MAGNESIO (ASTM C-88)			
Posición de la capa en la estructura del pavimento	TIPO DE TRÁNSITO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Rodamiento	< 15%	< 15%	< 20%

Y el porcentaje en peso de una o más caras producidas por fractura, determinado sobre la fracción retenida en la malla 4,7 mm (tamiz #4) debe cumplir:

PORCENTAJE DE CARAS PRODUCIDAS POR FRACTURA (COVENIN 1124)			
Posición de la capa en la estructura del pavimento	TIPO DE TRÁNSITO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Rodamiento	> 80%	> 70%	> 60%
Distinta a rodamiento	> 70%	> 60%	> 60%

**Fracción fina:** es la porción de agregado de la CD que pasa la malla de 2.36mm. Debe estar constituido por material producto de trituración, arena manufacturada y arena natural en diferentes proporciones. El porcentaje de arena natural máximo permitido debe cumplir con lo indicado en la siguiente tabla:

PORCENTAJE DE ARENA NATURAL			
Posición de la capa en la estructura del pavimento	TIPO DE TRÁNSITO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Rodamiento	< 20%	< 25%	< 35%
Distinta a rodamiento	< 25%	< 25%	< 35%

La fracción fina debe tener las siguientes características:

Característica de la fracción fina y Método de Ensayo	TIPO DE TRÁNSITO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Angularidad (Método C) ASTM-C-1252(93)	> 40%	> 35%	> 30%
Equivalente de Arena ASTM D2419	> 45%	> 40%	> 35%

-Llenante natural:

En caso de ser requerido podrá emplearse un material de tamaño inferior al tamiz #100 como llenante mineral. Debe estar constituido por polvillo de piedra y/o cemento portland.

-Materiales asfálticos:

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

Son cementos asfálticos clasificados según la Norma COVENIN 1670-95 como A-30 o A-20.

#### 5.4.5 mezcla asfáltica:

Una vez seleccionado el tipo de mezcla, los agregados, la combinación de diseño y el material asfáltico, se determinará el porcentaje óptimo de cemento asfáltico según los procedimientos descritos en los ensayos de Marshall, contenidos de vacíos y densidad de briquetas. La mezcla que resulte con el porcentaje óptimo seleccionado debe cumplir con todos los requisitos de las siguientes tablas:

Propiedades Marshall exigidas para el diseño de mezclas en Laboratorio

Propiedades Marshall	TRÁNSITO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Nº de golpes por cara	75	75	50
% vacíos totales (1)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
% vacíos llenados	65-75	65-75	65-78
Estabilidad Marshall (mínima) lbs	2.200	1.800	1.600
Flujo (pulg/100)	8-14	8-14	8-16
Vacíos del agregado mineral (VAM)	valor según Tabla 2, en función del tamaño nominal máximo del agregado y el % de vacíos		

(1) calculados en base a la densidad máxima teórica determinada según el ensayo de Rice (Método ASTM D-2041)

Valores de Vacíos en el Agregado Mineral (VAM), en función del Tamaño Nominal Máximo del Agregado y del % de vacíos totales de la mezcla

Tamaño nominal máximo (mm)	Contenido de vacíos totales en la mezcla (%)		
	3.0	4.0	5.0
25.4	11	12	13
19.1	12	13	14
12.5	13	14	15
9.5	14	15	16

Nota: interpolar linealmente en caso de que el porcentaje de vacíos totales se encuentre entre los valores enteros indicados

#### 5.4.6 Procedimiento para la ejecución

El ingeniero inspector debe autorizar, por escrito, el inicio de los trabajos de construcción del pavimento, luego de constatar que han sido satisfechos todos los requisitos establecidos en la norma.

#### Preparación del sitio

Cuando la superficie de apoyo donde se va a colocar el pavimento de concreto asfáltico no satisface los requisitos establecidos de temperatura de material asfáltico y/o las características de nivelación y de compactación establecidas en el proyecto o dicha superficie se deforma bajo el paso del equipo de prueba, debe procederse al acondicionamiento de la superficie de apoyo.

Antes de iniciar el extendido y colocación de la mezcla, la superficie de apoyo debe ser preparada a satisfacción de la inspección de la obra. Previo al extendido de la mezcla se aplicarán los riegos asfálticos, tratamientos y/o materiales indicados por el ingeniero inspector o el proyecto.

### **Transporte de la mezcla**

Debe realizarse en camiones volteo o en equipos especialmente diseñados para este fin, desde la planta de mezclado al lugar de la obra. Las tolvas de los camiones deben limpiarse y estar provistas de una lona o encerado para cubrir la mezcla durante el traslado.

### **Extendido y colocación de la mezcla**

Debe ser descargada de la máquina pavimentadora teniendo una temperatura que permita obtener las densidades de campo establecidas en el proyecto, pero nunca debe ser menor a 105°C.

La superficie de apoyo al momento de la colocación debe estar limpia y libre de agua o cualquier material diferente a los requeridos.

El extendido de la mezcla se debe hacer por medio de máquinas pavimentadoras, sin que se produzcan arrastres o desgarramientos de la capa que se está extendiendo. No se permite palar la mezcla sobre la superficie recién extendida.

### **Compactación y acabado**

Durante el proceso de compactación se debe cumplir:

- a) La compactación debe iniciarse a la máxima temperatura a la que la mezcla tenga la consistencia necesaria para resistir el peso de la compactadora sin sufrir desplazamientos
- b) Se deben tomar las previsiones necesarias para evitar que la mezcla asfáltica se adhiera a las ruedas compactadoras.
- c) Las compactadoras se deben mover lenta y uniformemente con la rueda de tracción hacia la máquina Pavimentadora.
- d) La velocidad de las compactadoras debe mantenerse dentro de los rangos indicados a continuación:

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

VELOCIDAD DE COMPACTACIÓN (kph)

Tipo de compactadora	Compactación Inicial	Compactación Intermedia	Compactación Final
Rueda de acero estática	3 a 5	3 a 5,5	3 a 5
Compactadora Neumática	4 a 5	4 a 6,5	4 a 5
Ruedas de acero vibratoria	4 a 5	6 a 8	Utilizar sólo en modo estático

e) Debe asegurarse que toda el área a ser compactada reciba el número de pases establecidos.

f) El proceso de compactación debe concluirse antes que la mezcla alcance una temperatura de 85°C.

g) La compactación de la mezcla debe efectuarse de tal forma que se logre una superficie plana y nivelada.

La distribución del agregado y la textura superficial de la capa asfáltica debe ser uniforme en toda la extensión del pavimento terminado.

### **Espesor**

-El espesor mínimo de cualquier capa después de compactada, debe ser igual a 2.5 veces el tamaño nominal de la mezcla que se está compactando.

-El espesor máximo de compactación por capa individual, no debe ser mayor a 10cm.

-El espesor final de la capa se debe comprobar periódicamente.

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

**Ejercicios propuestos**

**Método instituto de asfalto**

1) Diseñar un pavimento en un carretera principal rural de dos carriles, si su TPDA es 12000, su tasa de crecimiento es de 4% y el periodo de diseño es de 20 años, la subrasante es una arena arcilloso cuyo CBR es de 9%, con un 55% del tránsito en automóviles, 33% de 2 ejes y 22% de 3 ejes.

2) Diseñar un pavimento en una carretera de 4 carriles, si su TPDA es 20000, su tasa de crecimiento es de 6% y el periodo de diseño es de 20 años, la Subbase es buena, con un 40% del tránsito en automóviles, 37 de 2 ejes y el resto de 3 ejes.

-3) Tomar los datos necesarios del primer ejercicio del método AASHTO y comparar.

**Método AASHTO**

-Diseñar un pavimento de una carretera con para 2 carriles en cada dirección, que tiene una precipitación anual de 200 mm, un tránsito generado de 12% y uno atraído de 14% con los siguientes datos de la estación.

Datos de estacion			
TPDS	% Autos	% Buses	% Camiones
1880	54%	28%	18%
Distruccion de vehiculos			
Tipo de camion	%	F.D	
C2-P	19,30%	1,14	
C2-G	38%	3,44	
C3-C4	2,70%	3,74	
C5	4,32%	4,4	
> C5	35.68%	4,72	
Crecimiento anual de trnsito			
Durante el periodo de Diseño = 4			
Entre el Diseño y la Construccion = 4.5			
CBR = 6.5			

Transito estimado durante la construccion		
Camiones C3-C4		10%
Camiones C5		8%
Mes	T°C	FP
Enero	22	1,62
Febrero	23	1,64
Marzo	34	1,6
Abril	34,5	1,65
Mayo	22,1	1,54
Junio	22,4	1,55
Julio	23,6	1,66
Agosto	23,8	1,65
Septiembre	23.9	1,62
Octubre	23	1,53
Noviembre	23,3	1,52
Diciembre	23,2	1,51

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

- Diseñar un pavimento de una carretera con para 1 carril en cada dirección, que tiene una precipitación anual de 200 mm, un tránsito generado de 15% y uno atraído de 12% con los siguientes datos de la estación.

Datos de estacion			
TPDS	% Autos	% Buses	% Camiones
1560	48%	32%	20%
Distrucion de vehiculos			
<b>Tipo de camion</b>	<b>%</b>	<b>F.D</b>	
C2-P	24.5%	1,14	
C2-G	31%	3,44	
C3-C4	4.2%	3,74	
C5	5,00%	4,4	
> C5	35.3	4,72	
<b>Crecimiento anual de trnsito</b>			
Durante el periodo de Diseño = 4			
Entre el Diseño y la Construccion = 3.5			

CBR		
5	6	5,2
9	7	6,2
8	6,7	6,5

Transito estimado durante la construccion	
Camiones C3-C4	11%
Camiones C5	9%

Mes	T°C	FP
Enero	24	1,62
Febrero	23.9	1,64
Marzo	23	1,6
Abril	21.5	1,65
Mayo	23.4	1,54
Junio	22.9	1,55
Julio	22.5	1,66
Agosto	23.6	1,65
Septiembre	22.3	1,62
Octubre	22.3	1,53
Noviembre	21,2	1,52
Diciembre	22	1,51

-Utilizar los datos del ejercicio anterior aplicándolos a la siguiente estación

Datos de estacion			
TPDS	% Autos	% Buses	% Camiones
1100	55%	30%	15%
Distrucion de vehiculos			
<b>Tipo de camion</b>	<b>%</b>	<b>F.D</b>	
C2-P	33.6	1,14	
C2-G	29%	3,44	
C3-C4	3.2%	3,74	
C5	4,20%	4,4	
> C5	30%	4,72	
<b>Crecimiento anual de trnsito</b>			
Durante el periodo de Diseño = 4			
Entre el Diseño y la Construccion = 3.5			

Transito estimado durante la construccion	
Camiones C3-C4	7%
Camiones C5	12%
CBR=8	
T°C Promedio = 23.7°	
FP= 1,66	

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

### Método PCA

Diseñar por el método PCA un pavimento de concreto simple para una vida de 4 carriles, en la cual se espera un TDP inicial de 18000 vehículos de los cuales un 20% son comerciales (buses y camiones). Se estima un crecimiento anual del 6% en vehículos comerciales durante los 20 años del periodo de diseño del pavimento. Se ha realizado un pesaje de cargas en la región del proyecto y los resultados se presentan en la siguiente tabla. Se asume un factor de carga (FSC) igual a 1.5, el suelo de subrasante

es de arcilla cuyo módulo de reacción es  $MPa$  de  $100 \text{ lb/in}^3$  y se puede obtener un concreto con un módulo de rotura de  $4$ , presentar una alternativa de diseño cuyas juntas tengan varillas de transferencia y que no posea bermas o bordillos en concreto.

(1) Carga por eje, KN	(2) Ejes por cada 1000 vehiculos comerciales	(3) Ejes por 1000 comerciales (ajustado)	(4) # esperado de ejes en el periodo de diseño
Ejes simples			
216-234	0.96	1.96	21320,00
198-216	1.91	3.94	42870,00
181-198	5.53	11.98	124900,00
160-178	16.45	34.27	372900,00
142-160	39.08	81.42	885800,00
125-142	41.06	85.54	930700,00
97.8-107	45.05	5.92	64410,00
88.8-97.8	49.1	9.83	106900,00
80-88.8	52.4	21.67	235800,00
71.1-88.8	54.15	112.81	1227000,00
Ejes tandem			
216-234	0.96	1.96	21320,00
198-216	1.91	3.94	42870,00
181-198	5.53	11.98	124900,00
163-181	16.47	34.27	372900,00
145-163	39.11	81.42	885800,00
120-140	41.08	85.54	930700,00
104-120	70.10	152.23	1656000,00
85.8-104	80,2	90.52	984900,00
70.1-75.8	88.8	112.81	1227000,00
50.3-69.1	90.1	124.69	1356000,00

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

- Diseñar por el método PCA un pavimento de concreto simple para una

Se asume un factor de carga (FSC) igual a 1.4, el suelo de subrasante es de arcilla cuyo módulo de reacción es de  $100 \text{ lb/in}^3$  y se puede obtener un concreto con un módulo de rotura de  $5 \text{ MPa}$  presentar una alternativa de diseño cuyas juntas tengan varillas de transferencia y que no posea bernas o bordillos en concreto.

(1) Carga por eje, KN	(2) Ejes por cada 1000 vehículos comerciales	(3) Ejes por 1000 comerciales (ajustado)	(4) # esperado de ejes en el periodo de diseño
Ejes simples			
125-133	0.29	0.58	6310,00
118-1228	0.67	1.35	14690,00
110-118	1.35	2.77	30140,00
100.8-110.7	2.86	5.92	64410,00
91.8-100.8	4.74	9.83	106900,00
83-91.8	10.6	21.67	235800,00
74.1-83	13.66	28.24	307200,00
65.2-74.1	18.84	38.83	422500,00
57.3-65.2	25.94	53.94	586900,00
47.4-56.3	81.05	168.85	1837000,00
Ejes tandem			
216-234	0.96	1.96	21320,00
198-216	1.91	3.94	42870,00
181-198	5.53	11.98	124900,00
163-181	16.47	34.27	372900,00
145-163	39.11	81.42	885800,00
128-145	41.08	85.54	930700,00
110-128	73.10	152.23	1656000,00
91.8-110	78.9	90.52	984900,00
74.1-91.8	84.3	112.81	1227000,00
56.3-74.1	89.9	124.69	1356000,00

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

- Diseñar por el método PCA un pavimento de concreto simple para una

Se asume un factor de carga (FSC) igual a 1.2, el suelo de subrasante es de arcilla cuyo módulo de reacción debe asumirlo y se puede obtener un concreto con un módulo de rotura de  $3.5\text{MPa}$  presentar una alternativa de diseño cuyas juntas tengan varillas de transferencia y que no posea bermas o bordillos en concreto.

(1) Carga por eje, KN	(2) Ejes por cada 1000 vehículos comerciales	(3) Ejes por 1000 comerciales (ajustado)	(4) # esperado de ejes en el periodo de diseño
Ejes simples			
213-231	0.94	1.96	21320,00
195-213	1.89	3.94	42870,00
178-195	2.84	11.98	124900,00
97.8-107	4.72	5.92	64410,00
88.8-97.8	5.51	9.83	106900,00
80-88.8	10.40	21.67	235800,00
71.1-88.8	25.89	112.81	1227000,00
53.3-71.1	54.15	124.69	1356000,00
53.3-62.2	59.85	53.94	586900,00
44.4-53.3	81.05	168.85	1837000,00
Ejes tándem			
216-234	0.96	1.96	21320,00
198-216	1.91	3.94	42870,00
181-198	5.53	11.98	124900,00
160-178	16.45	34.27	372900,00
142-160	39.08	81.42	885800,00
125-142	41.06	85.54	930700,00
110'-128	43.47	152.23	1656000,00
91.8-110	54.15	90.52	984900,00
71.1-88.8	59.85	112.81	1227000,00
53.3-71.1	73.10	124.69	1356000,00

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

## 6. FALLAS EN PAVIMENTOS

En esta sección de la guía se realiza una descripción de las diferentes fallas que se pueden presentar en el pavimento, así como el mantenimiento preventivo y/o correctivo de las mismas.

Para el análisis o inspección de las fallas en el pavimento se recomienda el uso formatos como los que se presentan a continuación:

PLANILLA DE INSPECCION VIAL							
DATOS GENERALES							
Fecha		Hora iniciada		Hora culminada			
DATOS DE PARTICIPANTES							
INGENIERO	NOMBRE Y APELLIDO		TELEFONO	CORREO ELECTRONICO			
IDENTIFICACION Y UBICACIÓN							
Nombre o N°:			Urbanización:				
Estado:			Sector:				
Municipio:							
CLASIFICACION DE LA VIA							
ADMINISTRATIVA			ACCESIBILIDAD			TERRENO	
	TRONCAL		SUB RAMAL		AUTOPISTA		PLANO
	LOCAL		CAM		VIAS EXPRESAS		ONDULADO
	RAMAL		CARRETEROS		COLECTORAS		MONTAÑOS
					LOCALES		
INFORMACION GENERAL							
Ancho de construcción:			Cota abajo:		Pendiente de la vía:		
Vida útil de la vía:			Cota arriba:		Tipo de tránsito vehicular:		
Uso de la vía: residencial			longitud del tramo:		zona sísmica		
ASPECTOS TECNICOS							
Numero de calzadas:			Ancho de carriles:			talud de corte o relleno	
Numero de carriles:			hombrillo:			grado de pendiente	
ELEMENTOS DE DISTRIBUCION							
ISLA:			Redomas:		Retorno:		
SEGURIDAD VIAL							
SEMAFOROS:			SEÑALIZACION:			PASARELAS:	
POSTES DE LUZ:	n°:		RAYADO:				
OPERATIVO:	n°:		REDUCTOR DE VELOCIDAD:				
			DEFENSAS:				

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

FACTORES DE DETERIORO	CLASIFICACION DEL ESTADO DE GRAVEDAD		
FISURAS	Baja	Media	Alta
Fisuras longitudinales			
Fisuras transversales			
Fisuras de reflexion de juntas			
Fisuras de borde			
Fisuras de bloque			
Piel de cocodrilo			
Fisuras por desplazamiento			
DAÑOS SUPERFICIALES	Baja	Media	Alta
Desnivel calzada-hombrillo			
Corrimiento del hombrillo			
Desgregación o desintegración			
Exudacion de asfalto			
Agregados pulidos			
DEFORMACIONES	Baja	Media	Alta
Hinchamiento			
Corrugaciones			
Ahuellamiento			
Elevaciones			
Hundimiento			
Deformacion por empuje			
Depresiones			
CAPAS ESTRUCTURALES	Baja	Media	Alta
Huecos			
Bacheo			



GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar


## TIPOS DE FALLA

### **Piel de cocodrilo**

Se presenta como una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Se considera un daño estructural importante, inicialmente las grietas se propagan a la superficie como grietas longitudinales paralelas, después de repetidas cargas de tránsito, se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 60cm.



El nivel de severidad en la piel de cocodrilo, se clasifica como bajo cuando se trata de grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con pocas interconectadas y no están descascaradas.

Si el desarrollo posterior de la grieta presenta un patrón ligeramente descascarado se considera nivel de severidad medio. Y en caso que algunos pedazos puedan moverse bajo el tránsito se habla de un nivel de severidad elevado.

### **Mantenimiento contra la falla de piel de cocodrilo**

La solución más adecuada es la escarificación superficial de la carpeta de rodamiento, se coloca el riego de adherencia y se repone la carpeta. En caso de que la falla se presente con agrietamientos profundos en algunos casos es necesario además de retirar la carpeta, realizar un saneamiento del terreno.

### **Grietas de contracción**

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares, los cuales pueden variar en tamaño de 0.30mx0.30m a 3.0mx3.0. Se originan principalmente por contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo/deformación unitaria). No están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

El nivel de severidad de las grietas de contracción se considera bajo si la grieta tiene un ancho menor a 10mm, en caso de que presente grietas entre 10 y 76 mm se considera



de severidad media, al igual que si está rodeada de grietas aleatorias pequeñas . Por su parte el nivel de severidad alto implica que tiene un ancho mayor a 76 mm y/o una grieta de en la cual el pavimento alrededor está severamente

fracturado.

### **Mantenimiento contra la falla de grietas de contracción**

De manera preventiva, cuando se coloca el pavimento, con el fin de minimizar la aparición de la falla, se recomienda humedecer bien la sub-base cuando se tenga una alta tasa de evaporación. De igual manera se debe curar adecuadamente el concreto tan pronto como el acabado se haya completado.

En caso de que ya la falla exista, se puede corregir haciendo un sellado de la superficie con material bituminoso o lechada asfáltica.

### **Grietas de borde**

Son paralelas al eje de la vía y, generalmente, están a una distancia entre 0,30m y 0,60 m del borde exterior del pavimento. Se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próxima al borde del pavimento, o por falta de soporte lateral o inclusive por terraplenes construidos con materiales expansivos, puede llegar a producir pérdida del material por disgregación.



El nivel de severidad se considera bajo si las grietas no presentan disgregación, en caso de presentar disgregación y rotura de bordes, se trata de un nivel medio. Para hablar de un nivel de severidad alto, se debe presentar una rotura considerable de borde y disgregación en las grietas.

### **Mantenimiento de la falla tipo grietas de borde**

Dependiendo del nivel de severidad que presente la grieta puede definirse la reparación, si se tiene un nivel bajo se puede realizar un sellado con material bituminoso. De presentar un nivel medio o alto puede requerir un bacheo parcial o profundo.

### **Grietas longitudinales y transversales**

Las longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción, puede ser causada por una junta de canal del pavimento, pobremente construida, por contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o el agrietamiento bajo la capa de base.



Las transversales por su parte se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción.



El nivel de severidad de las grietas longitudinales y transversales se determina del mismo modo que en las grietas por contracción, si la grieta tiene un ancho menor a 10mm, en caso de que presente grietas entre 10 y 76 mm se considera de severidad media, al igual que si está rodeada de grietas aleatorias pequeñas . Por su parte el nivel de severidad alto implica que tiene un ancho mayor a 76 mm y/o una grieta de en la cual el pavimento alrededor está severamente fracturado.

**Mantenimiento de la falla tipo grietas longitudinales y transversales.**

Dependiendo del nivel de severidad que presente la grieta puede definirse la reparación, si se tiene un nivel bajo se puede realizar un sellado con material bituminoso. De presentar un nivel medio o alto puede requerir un bacheo parcial.

### **Grietas de reflexión de juntas de losas de concreto**

Son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. No está relacionado con las cargas, sin embargo, las cargas pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada.



El nivel de severidad se considera bajo si la grieta tiene un ancho menor a 10mm, de presentar un ancho entre 10 y 76 mm o pequeñas grietas alrededor se trata de un nivel medio y alto en caso de que el pavimento presente otras fracturas cercanas.

### **Mantenimiento de la falla tipo grietas de reflexión de juntas**

En caso de presentar un nivel de severidad bajo puede repararse realizando un sellado con material bituminoso, para nivel medio puede requerir un parcheo parcial y en caso de un nivel alto una reconstrucción de la junta.

### **Elevaciones**

Son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento, causados por: levantamiento o combadura de losas de concreto, expansión por congelación, infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas de tránsito.

Si las elevaciones no tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje se consideran de severidad baja, de presentar un efecto medio que no afecte a gran escala



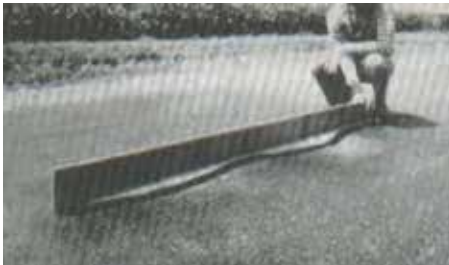
la calidad se considera medio. Por su parte si produce un efecto negativo muy marcado se considera alto.

#### **Mantenimiento de la falla tipo elevación**

Puede solucionarse realizando un parcheo parcial o profundo en caso de severidad media, si presenta severidad alta puede requerir la colocación de una sobrecarpeta.

#### **Corrugación**

Es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0m, son perpendiculares a la dirección del tránsito y usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables.



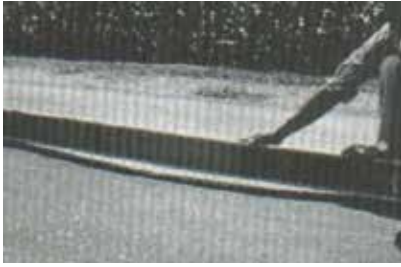
El nivel de severidad depende directamente de la consecuencia sobre la calidad de rodaje, sin esta consecuencia no es significativa se considera bajo, si produce un efecto medio este será el nivel de severidad, de igual manera la severidad alta será si se produce un efecto negativo muy marcado.

#### **Mantenimiento de la falla tipo Corrugación**

Si se tiene un nivel medio o elevado será necesario realizar una reconstrucción del pavimento.

#### **Depresiones**

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. Son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta en las capas superiores del pavimento.



El nivel de severidad depende de la profundidad de la misma, si se tiene entre 13 y 25 mm será un nivel bajo, entre 25 y 51 mm se trata de severidad media y cuando se tiene más de 51 mm se considera de severidad alta.

### **Mantenimiento de la falla tipo depresión**

Si tiene nivel bajo no es necesario reparar, en caso de un nivel alto o medio se debe hacer parcheo superficial, parcial o profundo. Para un mantenimiento de mejoramiento pueden mejorarse las condiciones de drenaje.

### **Desnivel calzada-hombrillo**

Se produce por la erosión o asentamiento del hombrillo o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin elevar el nivel del hombrillo.



Cuando la diferencia de elevación está entre 25 y 51 mm tiene un nivel de severidad bajo, de ser entre 51 y 102 mm es de nivel medio, y si es mayor a 102 mm será considerado de severidad alta.

### **Bache**

Es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente, se considera un defecto sin importar que tan bien se comporte.



El nivel de severidad depende del deterioro que presente y afecta la calidad de tránsito, si el bache presenta una buena condición, la calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor, si el bache está moderadamente deteriorado, la calidad del tránsito se califica como de media severidad. Si el bache está muy deteriorado la calidad de tránsito tendrá una severidad alta y requiere pronta sustitución.

### **Agregados pulidos**

Esta falla es causada por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con los neumáticos se reduce considerablemente.



Este tipo de falla no define niveles de severidad, sin embargo para considerarlo y contabilizarlo como defecto se debe tener un grado de pulimento muy significativo.

### **Mantenimiento de falla tipo agregado pulido**

En caso de presentarse un grado de pulimento muy elevado puede realizarse un tratamiento superficial o un fresado y colocación de sobrecarpeta.

### **Huecos**

Son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0,90m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo, se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o por una condición de piel de cocodrilo de alta severidad.



Para evaluar el nivel de severidad de este tipo de falla se presenta la siguiente tabla, en función del diámetro del hueco.

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

### Mantenimiento de falla tipo hueco

Es importante destacar que este tipo de fallas, a diferencia de otras, debe ser reparada tan pronto como sea posible, para ello se debe barrer el área y extraer el material suelto usando pala y pico, para proceder a cubrir de manera uniforme el área con asfalto debidamente nivelado y compactado.

### Ahuellamientos

Es una depresión en la superficie bajo las huellas de los neumáticos. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento. Se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga de tránsito.



El nivel de severidad depende de la profundidad media del ahuellamiento, si está entre 6 y 13 mm es de severidad baja, entre 13 y 25 mm, severidad media. Por su parte si es mayor a 25 mm es de severidad alta.

### Mantenimiento de falla tipo ahuellamiento

Si se trata de un nivel de severidad medio puede solucionarse aplicando un bacheo superficial nivelante, mientras que para un nivel de severidad alto sería necesario realizar una escarificación parcial y reconstrucción con base granular y carpeta asfáltica.

### Deformaciones por empuje

Es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas de tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie, normalmente ocurre en mezclas de asfalto líquido inestable. También ocurren cuando pavimentos de concreto

asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland y la longitud de este último se incrementa, causa el desplazamiento.



El nivel de severidad de esta falla depende del efecto que produce en la calidad del rodaje, si es nulo, medio o significativo

### **Mantenimiento de falla tipo deformacion por empuje**

Para reparar este tipo de falla puede realizarse una escarificación de la superficie y posteriormente un parcheo parcial o profundo, según lo amerite.

### **Disgregación y desintegración**

Es la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregados. Este daño indica que el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable o que el agregado en la mezcla no es el adecuado, adicionalmente el desprendimiento de la superficie puede ser causado por cierto tipo de tránsito, o por la existencia de otras fallas.



El nivel de severidad se considera bajo si han comenzado a perderse agregados o en algunas áreas ha comenzado a deprimirse. Si la textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada se considera de severidad media. Pero si se han perdido de forma

considerable los agregados y la textura superficial es muy rugosa, califica como nivel de severidad alto.

### **Mantenimiento de falla tipo Disgregación y desintegración**

Puede solucionarse aplicando un sello superficial o una sobrecarpeta y en caso de tener un nivel de severidad alto debe realizarse una reconstrucción.

### **Exudación**

Es la presencia de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento.



El nivel de severidad se considera bajo cuando se hace visible la coloración de la superficie por efecto de pequeñas migraciones de asfalto, el nivel medio se refiere a cuando presenta un exceso de asfalto libre que forma una película continua en huellas de canalización del tránsito y al superficie se torna

adhesiva a zapatos y ruedas de vehículos en días cálidos. El nivel de severidad alto implica que hay presencia de gran cantidad de asfalto libre que le da a la superficie un aspecto húmedo, de intensa coloración negra y superficie pegajosa o adhesiva.

### **Mantenimiento de falla tipo exudación**

En algunos casos puede solucionarse con un bacheo parcial o aplicando calor y rodillando arena dura sobre la superficie, pero cuando el nivel de severidad es elevado puede ser necesario un quemado del exceso de asfalto y aplicar un sellado bituminoso con asfalto líquido.

## **CÓMO DISEÑAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA PAVIMENTOS**

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas estructurales que abarca las rutinas y actividades de mantenimiento, procedimientos, materiales y duración necesaria para ejecutar el mantenimiento.

En los pavimentos el mantenimiento es el trabajo rutinario realizado para conservar el pavimento, bajo la acción normal del tráfico y de las fuerzas de la naturaleza, en las mejores condiciones para garantizar una calidad de rodaje óptima. Este mantenimiento puede calificarse como correctivo que se realiza de emergencia con el fin de impedir daños materiales o humanas y mantenimiento preventivo son las actividades que se realizan con la finalidad de anticipar las fallas manteniendo los niveles de eficiencia óptimos.

Para realizar el plan de mantenimiento, podemos definir como primer paso determinar los factores económicos, ya que se debe conocer cuánto costará de forma inicial la implementación de dicho plan, esto debe adecuarse a las necesidades y posibilidades del ente encargado de ejecutar el plan.

Es de suma importancia que se establezcan los niveles normativos adecuados y relacionarlo con los criterios de nivel de servicio, por ejemplo, la relación entre la demanda de tráfico y la capacidad de la carretera.

Antes de iniciar la elaboración del plan de mantenimiento es fundamental conocer el estado actual de la vía en cuestión, debe hacerse una evaluación exhaustiva de las necesidades de la infraestructura, conocer su kilometraje, la importancia de la vía, por supuesto la existencia de fallas en la misma. Se debe conocer el espesor de las capas del pavimento, el tipo de tráfico y el drenaje de la vía.

El análisis de los datos antes mencionados permite establecer los trabajos que deben realizarse en el tramo seleccionado, de igual manera antes de realizar el plan se debe evaluar los trabajos de adecuación necesarios para obtener un nivel de servicio óptimo tomando en cuenta la seguridad.

Una vez realizado este diagnóstico del estado de la vía se procede a diseñar el plan según las necesidades detectadas, para cada labor de mantenimiento establecida se debe ejecutar la siguiente planilla:

GUÍA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES SEGÚN  
MÉTODOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Bustos Oswaldo, Delgado Roitmar

<b>Mantenimiento: correctivo o preventivo</b>		
Actividad: indicar actividad a ejecutar		
Código: indicar código asignado a la actividad		
<b>Propósito y criterios para la ejecución</b>		
Indicar consideraciones		
<b>Procedimiento de trabajo</b>		
1		
2		
3		
NOTA:		
<b>Personal</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material a utilizar</b>
Indicar personal requerido para ejecución	Indicar equipo o maquinaria requerida para ejecución	Indicar materiales a utilizar para ejecución
Observaciones:		
Fecha:	Aprobado por: Nombre, apellido y firma	

## RECOMENDACIONES

Luego de haber estudiado el contenido de la guía el estudiante posee conocimientos teóricos básicos de vialidad, clasificación de vías según los diferentes criterios como transitabilidad, ubicación y clasificación administrativa, por mencionar algunas, del mismo modo manejará conceptos relacionados al tránsito, como el conteo vehicular, sus tipos y cómo se realiza, así como los promedios de tránsito, en cuanto a pavimentos conocerá sus tipos, su estructura y criterios asociados al diseño de los mismo.

De igual manera manejará las ecuaciones, tablas y gráfico asociados a los métodos de diseño que se explica de manera detallada para facilitar su comprensión, entre ellos tenemos el Método de AASHTO, Método de PCA y Método del Instituto de Asfalto, así como un compendio de la Norma del Instituto Venezolano de Asfalto (INVEAS). Al igual que conocerá los distintos tipos de fallas que se producen en el pavimento, su nivel de severidad y cómo repararlos y/o prevenirlos.

El estudiante que haga uso de la guía estará en capacidad de realizar el diseño de un pavimento haciendo uso de cualquiera de los métodos antes mencionados y al mismo tiempo de diseñar un plan de mantenimiento para dicho pavimento o para pavimentos ya existentes.

La recomendación es a los estudiantes a esforzarse por formarse como profesionales completos, ir siempre más allá de lo aprendido en el salón de clase o en este caso a través de esta guía, la invitación es a afianzar los conocimientos llevándolos a la realidad, hacer el ejercicio de identificar visualmente los tipos de fallas presentes en los pavimentos por los cuales transitan día a día, intentar determinar su nivel de severidad asociándolo con lo que expresa esta guía. Pero sobretodo la recomendación es prepararse siempre lo mejor posible para ser un excelente profesional.

-Confucio.