

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Ingeniería



LA DURABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS Y SU INCIDENCIA EN LA
PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA
PÚBLICA: CASO DE ESTUDIO DEL ESTADO DE
BAJA CALIFORNIA.

Maestría en Ciencias de la Ingeniería

**Trabajo de Tesis elaborado por:
José Ricardo Cota Ramírez**

Mexicali B.C, Octubre del 2018

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada, en todo lo que representa, a dios; por permitirme llegar a estas estancias con bien, por inspirar y fortalecer mi fe en este emprendimiento de lograr uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Abel Cota y Josefina Ramírez, por su amor incondicional, por todo el trabajo y sacrificio que han realizado en todo este tiempo hacia nosotros, sus hijos y hoy en día nietos, nueras y yernos. Gracias a su ejemplo hoy soy la persona que represento y me siento orgulloso de ser su hijo, gracias por ser mis padres.

A mi esposa Carmiña Reyes e hijos José Ricardo y Ángel Adrián que han sido mi motor e inspiración en estos últimos años, por su amor y apoyo incondicional, por entender mis momentos de ausencia y a su vez permitirme ser partícipe de sus logros, por todo lo que conlleva a la armonía y estabilidad familiar; gracias familia.

A mis maestros, gracias por su tiempo, por su apoyo incondicional y la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

José Ricardo Cota Ramírez

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis elaborado en la Universidad Autónoma de Baja California es un esfuerzo en conjunto de varias personas que participaron en forma directa o indirectamente, opinando, corrigiendo, alentando o simplemente acompañándome en mis momentos críticos o de felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar el conocimiento y la experiencia de muchas personas a las cuales quiero agradecer en este apartado.

En primera estancia, a mi director de tesis, Dr. Alejandro Mungaray Moctezuma, mi más profundo agradecimiento por confiarme este trabajo tan significativo, por su acertada dirección y apoyo para entender, sustentar y concluir esta tesis. Cuya experiencia y formación profesional han sido una fuente de motivación personal en estos últimos años.

Al Dr. Jorge Alarcón Ibarra, codirector de tesis, por el gran aporte de conocimiento que, en materia de análisis de variables y diseño de pavimentos, ha plasmado en este trabajo, por el tiempo dedicado a aclarar dudas y revisar los avances durante sus visitas destinadas a otros proyectos y por darme la oportunidad de seguir aprendiendo de sus colaboraciones con esta casa de estudios.

Un especial agradecimiento al Dr. Horacio Delgado Alamilla por el apoyo técnico brindado en mi corta estancia en el laboratorio de mezclas asfálticas del IMT en donde he tenido la oportunidad de comprender las propiedades de los asfaltos modificados aportando a la culminación de parte de este trabajo.

Mis más sinceros agradecimientos al equipo involucrado en la obtención y análisis de datos viales y climatológicos necesarios para la realización de esta tesis. Por supuesto, por su valiosa colaboración en la creación de los mapas regionalizados para este trabajo, al Ing. Alan Omar Curiel Baltazar y más recientemente al M.D.E.G Marco Antonio Montoya Alcaraz, gracias por su paciencia y dedicación.

Por ultimo quiero agradecer a todos mis compañeros y amigos, por escucharme y aguantar mis terquedades. Siempre estuvieron ahí en las buenas y en las malas incluso con mayor confianza en el trabajo que yo mismo y eso ha hecho posible que esta tesis sea una realidad.

Mi mayor reconocimiento y gratitud a todos ustedes.

José Ricardo Cota Ramírez

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	5
1 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	6
1.1 Método AASHTO	6
1.2 Método de la UNAM	7
1.3 Norma 6.1 Secciones de Firme (España).....	7
1.4 Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para Carreteras de México (SCT).....	8
2 ALCANCES.....	8
3 MARCO TEORICO.....	8
3.1 Criterios que intervienen en la durabilidad de pavimentos flexibles	8
3.1.1 Efecto del tránsito vehicular	8
3.1.2 Características de los materiales.....	10
3.1.3 Efectos climatológicos.....	12
4 METODOLOGÍA.....	13
4.1 M1: Seccione estructurales tipo para pavimentos flexibles	13
4.1.1 Tránsito vehicular.....	13
4.1.2 Resistencia de los materiales	16
4.1.3 Obtención de secciones estructurales para pavimentos flexibles.....	17
4.2 M2: Regionalización del grado PG de cementos asfálticos dado por condiciones de temperatura.....	19
4.2.1 Análisis de datos climatológicos.....	19
4.2.2 Calculo del grado de desempeño para el estado de Baja California.....	21
4.2.3 Elaboración de mapa regionalizado	22
4.3 M3: Análisis de costos de la durabilidad en los pavimentos flexibles del Estado de Baja California.....	25
4.3.1 Incidencia de los coeficientes de daño para la determinación de los ejes equivalentes (ΣL) en proyectos de construcción de vialidades con pavimentos flexibles.	25
5 RESULTADOS	28
5.1 Secciones estructurales tipo para pavimentos flexibles.	28
.....	29
5.2 Regionalización del grado PG de cementos asfálticos dado por condiciones de temperatura.....	30

5.3	Medición del impacto socio económico de la durabilidad en los pavimentos flexibles del estado de Baja California.	32
	33
6	CONCLUSIONES	36
6.1	Valoración de hipótesis planteada	37
7	ANEXOS	39
7.1	Calculo de coeficientes de daño en condición cargada para Baja California.	39
7.1.1	Revisión de coeficientes de daño en condición cargada en DISPAV para Baja California	41
7.2	Resultados de cálculo de espesores con Dispav 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM.	46
7.2.1	Espesores de estructura convencional para Baja California	46
7.2.2	Espesores de estructura utilizando base asfáltica para Baja California	49
	49
7.3	Resultados de estimación de módulo de rigidez para mezcla asfáltica elaborada en caliente para el estado de Baja California con Modulo 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM.	52
7.4	Análisis de estaciones climatológicas ubicadas en Baja California para el cálculo del grado PG de cementos asfálticos.	52
7.4.1	Municipio de Mexicali	52
7.4.2	Municipio de Tecate	56
7.4.3	Municipio de Ensenada	57
7.4.4	Municipio de Tijuana	63
7.5	Calculo de la tasa de crecimiento vehicular	64
8	Bibliografía	68

INTRODUCCIÓN

El incremento de automóviles, así como el de sus pesos y dimensiones en la red carretera de una entidad, son el reflejo de la necesidad comercial que representa una gran economía. Tanto la entidad federativa como sus municipios deben asentar las responsabilidades para la planeación de los sistemas de transporte con el objetivo de asegurar el desarrollo del mismo, concerniendo esto de manera enfática al transporte terrestre ya que cerca del 84 % de la carga doméstica que se mueve en México es trasladada por carretera (Sarabia, 2011); asimismo, la infraestructura vial diseñada con visión orientada hacia una durabilidad óptima se torna de vital importancia, ya que aporta un sistema equilibrado y duradero que además brinde seguridad y comodidad a los usuarios.

Por otro lado tenemos el enfoque ético y confiable del diseño estructural de pavimentos, ya que el diseño es esencialmente un algoritmo cuya consecución depende de una correcta aplicación de criterios y estándares de ingeniería; los cuales hoy en día, en nuestro país, parecen estar sub valorados dado a la durabilidad de nuestros pavimentos. Esta situación nos obliga a cuestionarnos sobre la correcta valoración y utilización de los criterios y estándares de diseño de pavimentos en un país que es catalogado como una nación en donde su principal problema para realizar mejoras es la corrupción o simplemente en donde el criterio del ingeniero calculista es rutinario y está limitado a los resultados que siempre ha obtenido.

Cierto es que el deterioro en una vialidad se percibe sobre la superficie de rodadura al ser transitada, a lo cual, en el caso de los pavimentos flexibles, es común atribuir el deterioro a diseños deficientes de la mezcla asfáltica o a una mala calidad en los ligantes asfálticos, restando importancia a la fatiga y/o deformación de las capas subsecuentes, lo cual brinda un soporte débil o inadecuado e incita a la falla superficial.

En la actualidad, el deterioro de los pavimentos flexibles se percibe como algo previsible, ya que éstos obedecen a las leyes de fatiga. Lo que pareciera estar lejos de lo previsible es el tiempo de serviciabilidad¹ de los mismos, dicho de otra manera; el tiempo en que las fisuras y deformaciones sobre el pavimento flexible comiencen a afectar el confort y la seguridad del usuario.

Por lo tanto la presente investigación ha sido desarrollada en cinco apartados con la finalidad de dar sustento al análisis de resultados. El primer apartado consta de un análisis resumido de los antecedentes en diferentes métodos de diseño. En el apartado dos se puntualizan los alcances de esta investigación delimitando el área de estudio. En el apartado tres se realiza la revisión bibliográfica que sustenta la elaboración de las metodologías desarrolladas. En el apartado cuatro se definen los criterios que intervienen en la durabilidad de los pavimentos flexibles sustentando de esta manera

¹ Concepto adoptado por la AASHTO para el diseño de pavimentos que mide la capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.

la metodología utilizada. Ya por último en el apartado cinco se presentan las tres metodologías utilizadas, las cuales por su complejidad fueron desarrolladas en puntos por separado, obteniendo de esta manera, una visión más clara hacia el objetivo de esta investigación.

1 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

En la actualidad, como métodos de diseño de pavimentos podemos mencionar varios, algunos son presentados en forma de guías o instructivos de diseño y otros, como en el caso de España y más recientemente México, son presentados a manera de cartilla o catálogo de secciones estructurales.

En el estado de Baja California, a pesar de contar con un pliego de normas técnicas de proyecto y construcción para obras de vialidades del estado, el tiempo estimado de servicio del pavimento no está llegando a su fin, esto es: el deterioro está ocurriendo de forma prematura. Dentro de este contexto se prevé la necesidad de, mediante un análisis regionalizado de los factores que intervienen en el deterioro de los pavimentos flexibles, crear un catálogo de secciones tipo, sustentado en condiciones críticas de carga, cuya finalidad sea el de extender el tiempo de serviciabilidad de los mismos, derivando esto en inversiones más eficaces en la construcción de los pavimentos flexibles de la región.

A manera de establecer algunos antecedentes se mencionaran solo algunos métodos, los cuales son considerados como relevantes para la elaboración de este documento.

1.1 Método AASHTO

El método AASHTO que le antecede al método AASHO, el cual fue desarrollado en 1961 mediante una serie de experimentos cuya intención fue medir el desempeño de estructuras prototipo en carreteras bajo el efecto de cargas dinámicas, obteniendo las ecuaciones y ábacos que son utilizados en la guía de diseño AASTHO. Cabe mencionar que estos ábacos y ecuaciones de desempeño fueron calibrados en Ottawa, Illinois, EEUU bajo condiciones climáticas denominadas como típicas del área norte del país, las cuales se mencionan en la tabla 1.

Tabla 1: Clima en prueba de carreteras AASHO

Temperatura promedio (Verano)	24.5°C (76°F)
Temperatura promedio (Invierno)	-2.8°C (27°F)
Precipitación anual prom.	837 mm (34 inches)
Espesor promedio de congelamiento (para suelos finos)	711 mm (28 inches)

Fuente: The AASTHO test road, report 7

1.2 Método de la UNAM

En México, en un periodo que va de 1962 a 1973, el instituto de ingeniería de la UNAM realiza una extensa investigación patrocinada por la Secretaria de Obras Publicas con la finalidad de obtener criterios adecuados a las condiciones particulares (materiales, transito, clima, etc, etc) del país en aspectos relacionados con diseño, construcción, reconstrucción y modernización de carreteras. Esta investigación fue llevada a cabo a través de experimentación en tramos de prueba, evaluación de carreteras existentes y pista circular en laboratorio, la cual en la actualidad, fundamenta al instructivo para diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras (método de la UNAM).

Este método teórico-experimental parte de la hipótesis de que la carretera más económica es aquella que tiene una resistencia relativa uniforme en todas sus capas y llega a la falla funcional cuando ha soportado el número acumulado de aplicaciones de carga equivalente (ΣL) especificadas para la vida de proyecto de camino. Si la resistencia relativa no es uniforme en las diferentes capas de la estructura, se supone que la capa de resistencia mínima determina la vida de servicio de la carretera (Santiago Corro, 1981).

Este método considera como datos de entrada básicos el tipo de carretera, el número de carriles, la vida de proyecto, el tránsito diario promedio anual (TDPA), tasa de crecimiento y variables adicionales sobre características del terreno y materiales, así como de climas, nivel freático y precipitación pluvial. Además de ser el único que ha sido desarrollado en México a petición de la Secretaría de Obras Públicas (hoy SCT).

El método proporciona un análisis confiable si los datos que se utilizan en el diseño son representativos de las condiciones reales en que opera o se proyecta una carretera. Sin embargo, si alguno de los datos de diseño no son reales o son supuestos, debe esperarse que el comportamiento y la durabilidad del pavimento no sea el previsto para el periodo de vida de servicio. (SCT, Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México, 2014)

1.3 Norma 6.1 Secciones de Firme (España)

El extinto Ministerio de Obras Públicas de España (MOPU) publicó en mayo de 1989 una Orden donde se aprobó la Instrucción 6.1 y 2-I.C. de la Dirección General de Carreteras, que instruye que para los proyectos de construcción de nuevas carreteras o reconstrucción de las existentes se utilice el "Catálogo de Secciones de Pavimento Flexibles y Rígidos", haciéndose notar que no aplica para el diseño de refuerzos de pavimentos ni a secciones de pavimentos sobre alguna estructura. (Alfonso Rico Rodriguez, 1998). Esta norma se elaboró con la finalidad de establecer criterios básicos para la construcción de estructuras de pavimento y proponer opciones adecuadas para las condiciones de tráfico, clima y disponibilidad de suelo y materiales de construcción utilizados en este país

1.4 Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para Carreteras de México (SCT).

A partir de 2013, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes dispone de un Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos, que fue elaborado bajo la iniciativa de la Dirección General de Técnicos, considerando diversos parámetros de calidad y resistencia de suelos y materiales, así como diferentes niveles de tránsito y condiciones regionales de clima, para México. El Catálogo de secciones estructurales para pavimentos es considerado como una guía rápida de consulta para revisar de manera sencilla las soluciones de conservación de pavimentos que fueron seleccionadas en la etapa de aplicación de los métodos de diseño, recomendándose que los interesados se familiaricen con este documento técnico para que puedan efectuar una comparación objetiva de las soluciones obtenidas. El Catálogo incluye las estructuras típicas que son aplicables en carreteras de México, tanto de pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos, y las secciones estructurales de pavimento que presente este documento, no deben considerarse por encima del diseño que se realice en un estudio específico de un tramo carretero.

2 ALCANCES

Hay que puntualizar que el concepto “Durabilidad” en la construcción de vialidades con pavimentos flexibles va más allá del diseño del pavimento, ya que tanto los procesos constructivos como el diseño de mezcla asfáltica contribuyen de manera importante, sin embargo, para lograr la objetividad de este documento, será necesario limitarlo a la obtención de: 1) Estructuras con secciones tipo que obedezcan a las solicitudes de carga por tránsito y 2) La creación de un mapa regionalizado en base a condiciones climáticas que indiquen del grado de desempeño (PG) de los cementos asfálticos que se pretenda utilizar en la elaboración de mezcla asfáltica en la región.

3 MARCO TEORICO

3.1 Criterios que intervienen en la durabilidad de pavimentos flexibles

3.1.1 Efecto del tránsito vehicular

El tránsito vehicular constituye la solicitud directa al sistema estructural que constituye al pavimento (Garnica, 2004), por esta razón es fundamental cuantificar la magnitud de las cargas mediante la distribución de los diferentes tipos de vehículos y ejes representativos (composición vehicular), el área de contacto y la distribución de presiones sobre el pavimento.

El nivel de tránsito vehicular puede ser medido en ejes equivalentes o a través de espectros de carga. Para este último se requiere de mediciones de carga real en los diferentes tipos de vehículos, lo cual en Baja California representa un estudio

preliminar complejo, ya que en la actualidad no se cuenta con unidades de pesaje dinámicas, para la medición en diferentes tipos de vialidad.

El eje equivalente representa el daño que ocasiona un eje sencillo de 8.2 toneladas en la vida de un pavimento, esto es que si un vehículo dado en un determinado tipo de pavimento ocasiona 3 ejes equivalentes, significa que una pasada de este tipo de vehículo causará el mismo efecto que 3 pasadas de un eje sencillo de 8.2 toneladas. A esta relación se le denomina factor de equivalencia.

La asociación americana de caminos estatales y funcionarios del transporte (AASHTO) ha encontrado que los factores de equivalencia varían fuertemente con el peso, siguiendo un patrón exponencial elevado a la 4ta potencia (FHWA, 1995).

Para la elaboración de este documento el nivel de tránsito vehicular será definido en ejes equivalentes, el cual representa la unidad de daño pronosticada inducida por repeticiones de un eje sencillo de 8.2 toneladas con una presión de inflado de $5.8 \frac{kg}{cm^2}$.

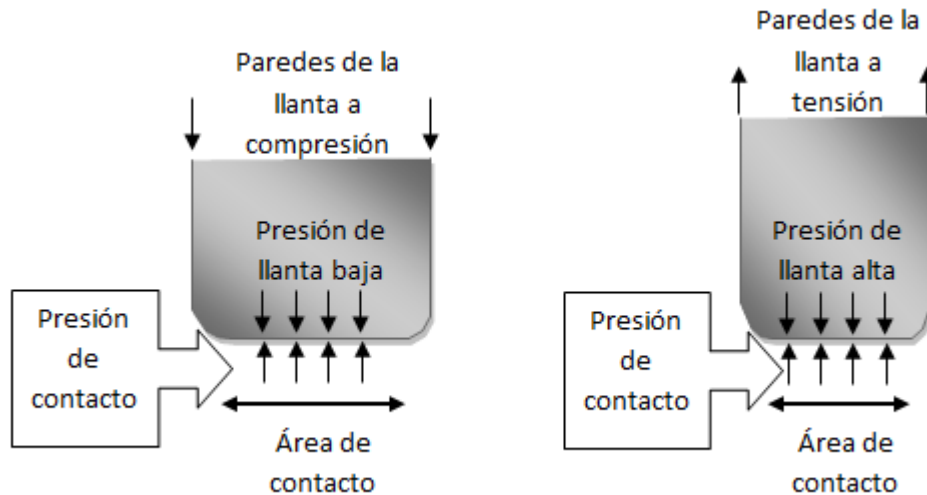
3.1.1.1 Transmisión de cargas vehiculares sobre la superficie

La carga del vehículo al pavimento se transmite a través de las ruedas. En los métodos de diseño mecanicistas, es necesario conocer el área de contacto de la llanta con el pavimento, asumiendo que la carga de contacto depende de la presión de contacto.

Como se indica en la Figura 1, la presión de contacto es más grande que la presión de la llanta para presiones bajas de la llanta, debido a que la pared de la misma está en compresión y la suma de las fuerzas verticales de la pared y presión de la llanta deben ser iguales a la fuerza debido a la presión de contacto; la presión de contacto es más pequeña que la presión de la llanta para presiones altas de las llantas, debido a que la pared de la llanta está en tensión (Garnica, Gómez, & Sesma, 2002). Con base en el área de contacto podemos asumir que a presiones de llanta altas se produce un área de contacto menor, acelerando el daño por el incremento del esfuerzo. Hay que considerar que el propio rodado de llanta durante la operación en carreteras de los vehículos, incrementa la presión de inflado en un orden de entre 1 y 1.5 kg/cm², dependiendo del tipo de llanta.²

² Pavement an Truck Size and Weight Regulation, FHWA

Figura 1: Relación entre presión de contacto, presión de llanta, área de contacto y carga total



Fuente: Modificación de Publicación técnica 197, IMT

Como se puede observar la transmisión de los esfuerzos normales hacia la estructura de un pavimento se rige en base al área de contacto, carga por eje, presión de inflado y velocidad. Sin embargo, aparecen sollicitaciones distintas a las verticales (horizontales) debidas a los efectos dinámicos del vehículo en movimiento, estos esfuerzos tangenciales deben ser resistidos por los 8-10 cm superiores, pero en general no afectan a las capas inferiores. Por ello, la forma practica con la que resuelven estos problemas, es proyectando capas de rodadura cuya resistencia al esfuerzo cortante sea suficientemente alta para que no se produzcan falla o deformaciones por cizallamiento (Garnica P. y., 2004).

Para el dimensionamiento de los esfuerzos en la masa de un suelo se han utilizado varias fórmulas, que con el fin de simplificar su análisis se basan en hipótesis irreales. La fórmula más utilizada es la publicada por Boussinesq en 1885:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}}$$

Dónde:

P = Carga concentrada

z = Coordenada del punto en que se calculan los esfuerzos (profundidad)

r = Distancia radial del origen al eje donde se calculan los esfuerzos

3.1.2 Características de los materiales

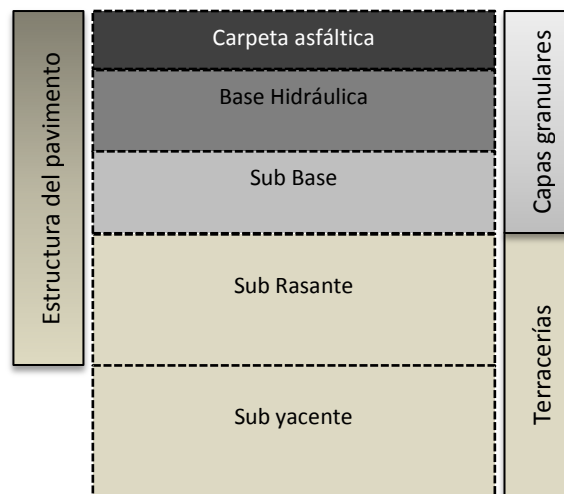
La estructura de los pavimentos flexibles es un sistema compuesto de diferentes materiales colocados en capas interconectadas y mecánicamente compactadas, cuya tarea principal es absorber las cargas del tránsito vehicular y transmitir las reduciendo así el límite de deformación en la capa de terracería o sub yacente.

En la figura 2 se muestra la estructura típica utilizada en carreteras federales de tránsito alto en México, la cual está formada por una capa granular superficial asfaltada, seguida de 1 o 2

capas granulares: base y sub base (según el nivel de ejes equivalentes); cuya función es proporcionar apoyo a las capas inmediatas superiores, así como aminorar la transmisión de los esfuerzos inducidos distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior. Por último las capas que conforman las terracerías: sub rasante, sub yacente y/o cuerpo de terraplén. Las capas de terracería por lo regular se forman con material producto de los cortes y se estabilizan mecánicamente con la adición de agua, estas capas son las encargadas de sustentar al pavimento ya que son consideradas como el cimiento de la estructura.

Es importante manifestar que el funcionamiento correcto de los pavimentos depende de las características de resistencia en los materiales que conforman su estructura, ya que estas definen la magnitud de las deformaciones, sin embargo el análisis de la estructura de pavimentos es mucho más complejo si se compara con cualquier otro tipo de estructura de ingeniería, ya que ésta posee un sistema multicapas compuesto de diferentes materiales propensos a cambiar sus propiedades debido a factores externos bajo cargas dinámicas. Las características de resistencia de los materiales se determinan en base a los esfuerzos y deformaciones y estos incluyen la estimación del módulo de elasticidad dinámico (ϵ) y la relación de Poisson (μ) (Nino Vukobratovic, 2017). La determinación de estas propiedades depende de la influencia de factores externos tales como son la humedad, temperatura, compactación, espesor del material entre otros. Por esta razón, para garantizar una resistencia óptima a la deformación de un pavimento, su obtención debe realizarse en laboratorio bajo condiciones controladas, y lo más apegadas a las condiciones reales de servicio del pavimento.

Figura 2: Estructura típica para pavimentos flexibles en carreteras de tránsito alto en México



Fuente: Elaboración propia

Las características de los materiales utilizados para la formación de la estructura de pavimentos deben garantizar la no deformación, por esta razón las especificaciones de estos materiales incluyen la medición de parámetros de consistencia en suelos finos (límites de Atterberg), así como también parámetros de resistencia y uniformidad (Granulometría, CBR, etc). En la tabla 2 y tabla 3 se muestran las especificaciones actuales para materiales utilizados en la construcción de pavimentos flexibles en el estado de Baja California.

Tabla 2: Requisitos de calidad para materiales de terracería para pavimentos flexibles

CONCEPTO	TERRACERIAS		
	Sub rasante	Sub yacente	Terraplén
Granulometría Tamaño máximo (mm)	76	Que sea compactable	
Límite Líquido LL (%).	40 Máx.	50 Máx.	50 Máx.
Índice Plástico IP (%).	12 Máx.	---	---
Grado de Compactación (%) ± 2	100 AASHTO Estandar	95 AASHTO Estandar	90 AASHTO Estandar
Valor soporte de California, CBR (%).	20 Mín.	10 Mín.	5 Mín.
Expansión Máxima (%).	2	3	5

Fuente: Normas técnicas de proyecto y construcción para obras de vialidades del estado de Baja California

Tabla 3: Requisitos de calidad para bases hidráulicas y Sub bases en pavimentos flexibles

CARACTERÍSTICA	BASE		SUB BASE	
	ESPECIFICACIÓN %			
	$\Sigma L \leq 10^6$	$\Sigma L > 10^6$	$\Sigma L \leq 10^6$	$\Sigma L > 10^6$
Límite líquido, máximo	25	25	30	25
Índice plástico, máximo	6	6	10	6
Valor Soporte de California (CBR), mínimo	80	100	50	60
Equivalente de arena, mínimo	40	50	30	40
Desgaste Los Angeles, máximo	35	30	50	40
Partículas alargadas y lajeadas, máximo	40	35	---	---
Grado de compactación, mínimo	100	100	100	100

Fuente: Normas técnicas de proyecto y construcción para obras de vialidades del estado de Baja California

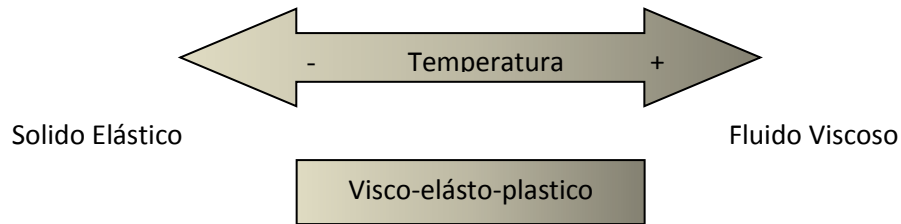
Consecuentemente la estructura granulométrica que conforman los materiales granulares juegan un papel muy importante en la resistencia mecánica de las capas ya que existe una influencia directa entre la granulometría utilizada frente a las solicitudes de carga.

3.1.3 Efectos climatológicos

El clima es considerado como parte de las solicitudes que intervienen en los pavimentos ya que afectan de manera directa el comportamiento del mismo. Las condiciones climatológicas modifican la rigidez, debido a las propiedades termoplásticas del material que constituye las capas asfálticas de los pavimentos flexibles (G. Valdés, 2012). Al ser estas capas las más expuestas se ven afectadas por tensiones de origen térmico que sobrepasan a las generadas por el tránsito, afectando la durabilidad de la estructura.

El cemento asfáltico utilizado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente juega un papel muy importante en la durabilidad de las estructuras de pavimento y es precisamente el más

afectado por las condiciones climáticas; ya que la temperatura modifica directamente las propiedades visco-elasto-plásticas del asfalto.



Fuente: Elaboración propia, 2017

En la figura 3 se observa como el cemento asfáltico puede pasar de un estado elástico a uno viscoso con el aumento de la temperatura, afectando la rigidez (módulo elástico ϵ) de la mezcla asfáltica y por consecuencia la durabilidad de la estructura.

Una de las propiedades más importantes en la respuesta estructural de los pavimentos flexibles es el módulo ϵ de la mezcla asfáltica. Este valor, a su vez, está fuertemente influenciado por la temperatura (además de la frecuencia de carga) por lo cual, en la selección de este valor para el diseño estructural de un pavimento, se recomienda considerar la relación módulo ϵ /temperatura del pavimento.

4 METODOLOGÍA

4.1 M1: Secciones estructurales tipo para pavimentos flexibles

Para el cálculo de los espesores en estructuras de pavimentos flexibles se ha utilizado, a manera de simplificar el empleo del método de diseño, el programa interactivo de cómputo, DISPAV-5 - Diseño de Pavimentos, empleando secciones estructurales hasta de cinco capas, el cual simplifica mucho el empleo del método de diseño ya que incorpora tanto el cálculo por deformación permanente, en el modelo elasto-plástico desarrollado en el Informe 325 de las Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM, como el cálculo por fatiga empleando modelos elásticos de varias capas tal como se recomienda en dicho informe.

4.1.1 Tránsito vehicular

Para este trabajo se han propuesto 8 rangos de tránsito (tabla 4) en unidades de ejes equivalentes para cubrir de mejor manera las demandas del tránsito común en el Estado de Baja California.

Tabla 4. Rangos de Ejes Equivalentes Para el Estado de Baja California

Rangos de ΣL	Designación de tipo de tránsito	Tipo de vialidad
< 100,000	Tránsito Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras Tipo D
De 100,000 a 1,000,000		
De 1,000,000 a 3,000,000	Tránsito Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras Tipo B y C
De 3,000,000 a 10,000,000		
De 10,000,000 a 30,000,000	Tránsito Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras Tipo A • Autopistas de Cuota
De 30,000,000 a 50,000,000	Tránsito Muy Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras Tipo ET • Autopistas de Cuota Importantes • Pistas de aterrizaje en Aeropuertos
De 50,000,000 a 100,000,000		
De 100,000,000 a 150,000,000		

Para definir los tipos de vialidades ha sido considerado el que menciona el apéndice para la clasificación de los caminos y puentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), los cuales se mencionan en la tabla 5.

Tabla 5. Tipos de vialidades establecidos por la SCT.

Tipo de vialidad	Descripción
ET	Son aquellas que forman parte de los ejes de transporte que establezca la Secretaría, cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso, así como de otros que por interés general autorice la Secretaría, y que su tránsito se confine a este tipo de caminos.
A	Son aquellas que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso, excepto aquellos vehículos que por sus dimensiones y peso sólo se permitan en las carreteras tipo ET.
B	Son aquellas que conforman la red primaria y que atendiendo a sus características geométricas y estructurales prestan un servicio de comunicación interestatal, además de vincular el tránsito.
C	Red secundaria; son carreteras que atendiendo a sus características prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria.
D	Red alimentadora, son carreteras que atendiendo a sus características geométricas y estructurales principalmente prestan servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria.

4.1.1.1 Cargas vehiculares (coeficientes de daño por vehículo)

Una vez establecidos los rangos vehiculares se procedió al cálculo de los coeficientes de daño, para lo cual se revisó, mediante un sondeo de campo, las presiones de inflado en neumáticos de camiones de transporte en condición cargada, observando valores típicos que van de las 98 a las 110 libras por pulgada cuadrada (PSI). En este sentido se realizó una actualización de los coeficientes de daño utilizando el modelo matemático del instituto de ingeniería de la UNAM.

Para obtener el coeficiente de daño d_i producido por un eje cualquiera de peso P en toneladas y presión de inflado p en $\frac{kg}{cm^2}$ con relación al eje equivalente (eq), se aplican las ecuaciones presentadas en la publicación 444 del Instituto de Ingeniería de la UNAM y que a continuación se mencionan:

$$\log d_i = \frac{\log \sigma_{Z(i)} - \log \sigma_{Z(eq)}}{\log A} \quad (1)$$

Dónde:

$$\sigma_{Z(i)} = p \left[1 - \frac{z^3}{(a_i^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (2)$$

A = Cte experimental con valor de 1.5^3

$$\sigma_{Z(eq)} = 5.8 \frac{kg}{cm^2} \left[1 - \frac{Z^3}{(15^2 + Z^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (3)$$

Como se puede observar el coeficiente de daño varia con la profundidad Z y a su vez, con las características del eje considerado en base a su radio equivalente a_i .

Para la obtención del radio equivalente se proporcionan las siguientes ecuaciones:

$$a_{i(sencillo)} = \sqrt{\frac{1000 P}{4\pi p}} \quad (4a)$$

$$a_{i(tandem)} = \sqrt{\frac{1111 P}{4\pi p}} \quad (4b)$$

$$a_{i(tridem)} = \sqrt{\frac{1333 P}{6\pi p}} \quad (4c)$$

4.1.2 Resistencia de los materiales

En general, un indicador de resistencia de los materiales que conforman las capas de un pavimento puede ser determinado por diferentes métodos, como lo son los ensayos triaxiales dinámicos o la prueba de placa. Sin embargo el método de diseño de la UNAM otorga un modelo que se ajusta en términos del valor relativo de soporte crítico de los materiales (\widehat{VRS}_Z) esperado en el lugar durante la vida de servicio de la vialidad, el cual es considerado como un índice de resistencia del suelo a esfuerzos verticales y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\widehat{VRS}_Z = \overline{VRS}_Z(1 - 0.84V)$$

En donde:

\overline{VRS}_Z = Valor relativo de soporte medio de material esperado en el campo bajo condiciones medias (CBR)

V = Coeficiente de variación del CBR en el campo

En la tabla 6 se muestran los criterios de CBR utilizados, según lo establecido en las Normas Técnicas de Proyecto y Construcción para Obras de Vialidades del Estado de Baja California, cuya finalidad fue establecer espesores mínimos rebosados que permitan lograr una mayor durabilidad en las vialidades de la región.

³ Diseño del pavimento para la carretera Acapulco-San Marcos, Arriaga 2015

Tabla 6. Criterios CBR (\overline{VRS}) utilizados para la obtención de espesores tipo en vialidades construidas con pavimentos flexibles

Capa	CBR	
	$\Sigma L \leq 10^6$	$\Sigma L > 10^6$
Base hidráulica	80	100
Sub Base hidráulica	50	60
Sub rasante	20	
Terreno natural	5	

Otro criterio que define de manera importante la obtención de los espesores estructurales es el módulo de rigidez de la mezcla asfáltica. Este módulo de rigidez fue estimado, de manera aproximada con el MODULO 5 proporcionado por el mismo programa DISPAV-5; los criterios utilizados para este fin se muestran en la tabla 7 de este documento y son producto de resultados obtenidos mediante la compilación de resultados en diferentes muestras.

Tabla 7. Criterios utilizados para la obtención del módulo de rigidez de la mezcla asfáltica.

Criterio	Valor establecido
Volumen de vacíos en %	4
Volumen de asfalto efectivo (Vbe) en %	9
Penetración a 25°C en residuo RTFO	35
Temperatura de reblandecimiento en °C	55
Temperatura equivalente de la capa asfáltica en °C	35
Tiempo de aplicación de la carga S	0.026
Porcentaje que pasa la malla 200	3.7
Viscosidad absoluta a 21 °C	12.09
Frecuencia de aplicación de la carga en Hz	10
Retenido en malla de 19 mm en %	2.9
Retenido en malla de 9.5 mm en %	24
Retenido en malla de 4.75 mm en %	60.5
Tipo de asfalto	AC-20
Tipo de agregado (triturado/redondo)	Triturado

4.1.3 Obtención de secciones estructurales para pavimentos flexibles

Una vez establecidos los parámetros de tránsito vehicular y resistencia de los materiales se procedió a la obtención de las secciones estructurales tipo del estado de Baja California mediante el programa de diseño estructural para pavimentos asfálticos DISPAV-5, versión número 3.

Los calculos estructurales se realizaron en la modalidad de caminos de altas especificaciones, en el cual se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio)⁴. Dado que los rangos de tránsito vehicular ya estaban previamente establecidos; fueron directamente introducidos utilizando el valor más alto del rango, tanto para daño superficial como para daño profundo.

En características de los materiales, para el cálculo de los módulos de rigidez, se permitió que el programa lo calculara en las capas no asfálticas mediante la ecuación:

$$E = 130 * CBR_z^{0.7}$$

En donde CBR_z fue tomado de la tabla 2 de este documento según las condiciones de tránsito establecidas. Para la capa de mezcla asfáltica se utilizó un valor de $27,000 \frac{kg}{cm^2}$.

Las secciones estructurales fueron calculadas con el nivel de confianza sugerido en el programa (85%) ajustando los espesores obtenidos a manera de que su vida previsible, tanto a la deformación como a la fatiga, fuera lo más cercana al tránsito de proyecto, tal como se señala en la figura 4.

Figura 4. Ajuste de vida previsible al tránsito de proyecto mediante cambio de espesores.

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 95.0%

Para un tránsito de 3 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	14.0		25000	0.35		2.7
Base granular	20	80.0	2793	0.35	29.2	
Sub-base	20	50.0	2010	0.45	17.3	
Subrasante	40	20.0	1058	0.45	66.9	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	4.1	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	4.1	3
Fatiga	2.7	3

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

Fuente: Elaboración propia, 2017

⁴ Dato establecido en programa de diseño DISPAV-5, versión 3

Este proceso se repitió para cada uno de los rangos de tránsito vehicular, obteniendo de esta manera los espesores tipo para estructuras de pavimentos asfálticos en el estado de Baja California.

4.2 M2: Regionalización del grado PG de cementos asfálticos dado por condiciones de temperatura.

Uno de los objetivos de este documento es facilitar la obtención del grado PG de los ligantes asfálticos que serán utilizados en obras de vialidades con pavimentos flexibles en el Estado, mediante la elaboración de un mapa regionalizado con base a los datos de temperatura de cada estación climatológica analizada.

Por esta razón dentro de la metodología para la regionalización del grado PG se ha dividido en 3 etapas:

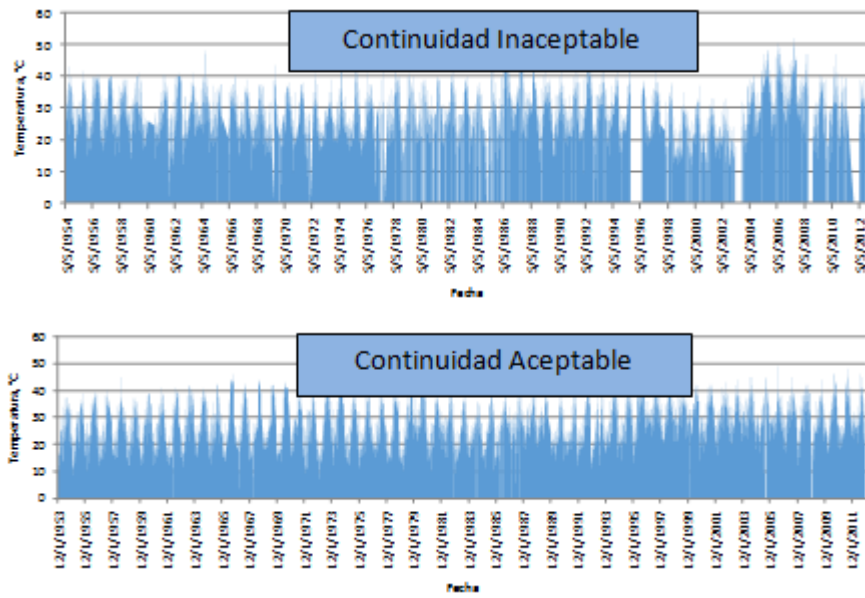
1. Análisis de datos climatológicos
2. Calculo del grado PG
3. Elaboración de mapa regionalizado

4.2.1 Análisis de datos climatológicos

En esta etapa se realizó un análisis de las condiciones climáticas de cada uno de los 5 municipios que conforman el estado, utilizando para este fin, la red de estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La red de CONAGUA cuenta con 122 estaciones distribuidas en el estado de Baja California, de las cuales únicamente 57 cumplieron con los criterios necesarios para realizar los cálculos del grado PG, las cuales se ubican en el mapa de la figura 6. Como criterios para la evaluación de las estaciones climáticas se mencionan los siguientes:

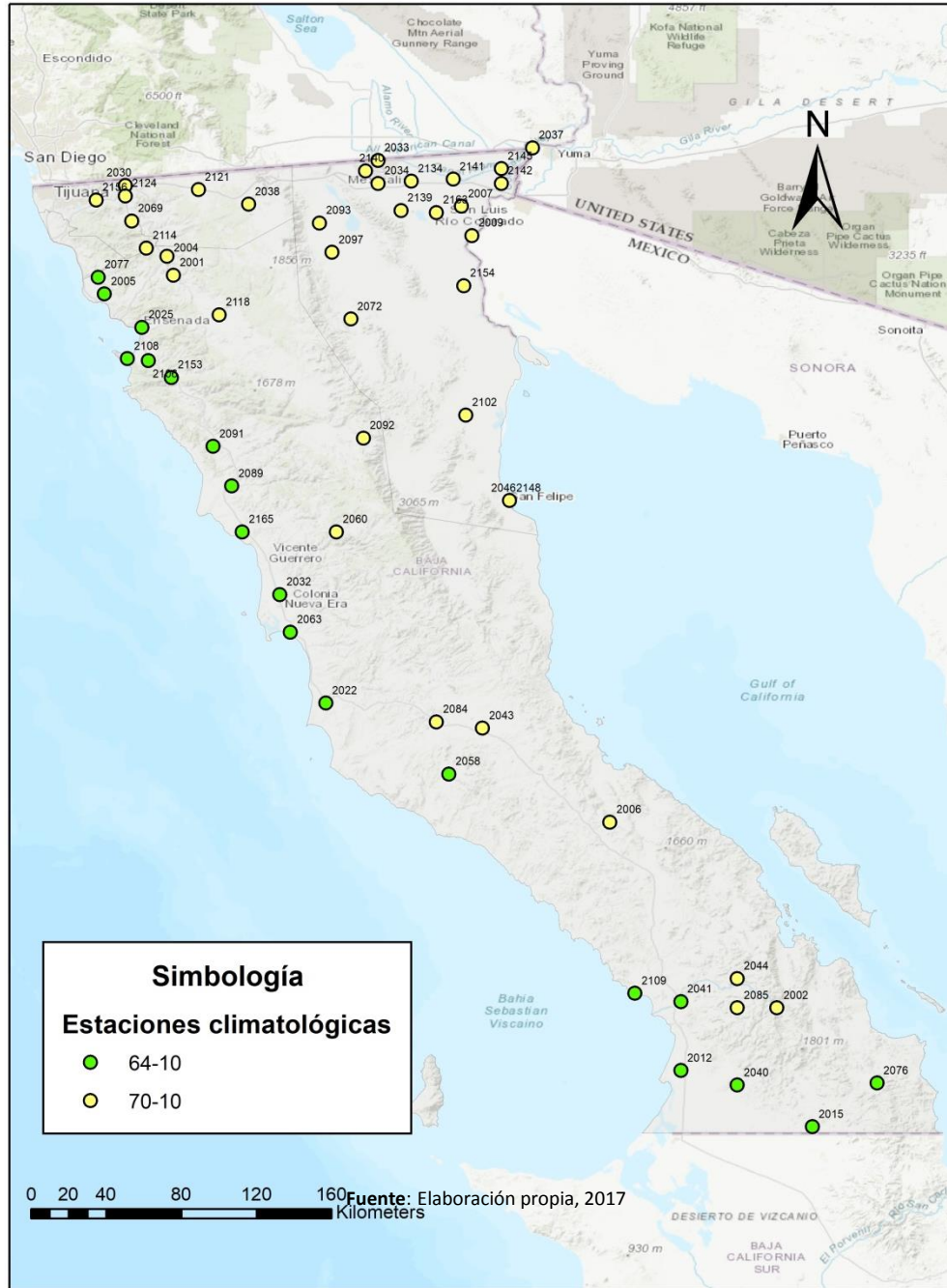
- Por lo menos 20 años de registro
- La última temperatura registrada no tuviera más de 20 años
- Los registros de temperatura tuvieran un comportamiento continuo aceptable (ver figura 5)

Figura 5: Ejemplo de análisis de continuidad de datos



Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura 6. Distribución de estaciones climatológicas seleccionadas para el cálculo del grado PG en Baja California.



4.2.2 Cálculo del grado de desempeño para Baja California

Para la obtención de los grados PG se utilizaron los algoritmos propuestos por la FHWA⁵ obtenidos mediante el programa de investigación LTPP (Long-Term Pavement Performance), mismos que se manejan en el anexo 2 del protocolo AMAAC PA-MA 01/2013³ y se mencionan a continuación:

⁵ FHWA 97-103

4.2.2.1 Algoritmo para alta temperatura con 98% de confiabilidad.

$$T_{(pav)} = 54.32 + 0.78T_{(air)} - 0.0025Lat^2 - 15.14\log_{10}(H + 25) + Z(9 + 0.61\sigma_{air}^2)^{1/2}$$

Dónde:

$T_{(pav)}$ = Temperatura del pavimento bajo la superficie, °C

$T_{(air)}$ = Temperatura del aire (promedio de los 7 días consecutivos más calurosos), °C

H = Profundidad desde la superficie, mm

σ_{air} = Desviación estándar de los 7 días consecutivos más calurosos, °C

Z = De la tabla de distribución normal, Z= 2.055 para un 98% de confiabilidad

4.2.2.2 Algoritmo para baja temperatura con 98% de confiabilidad.

$$T_{(pav)} = -1.56 + 0.72T_{(air)} - 0.004Lat^2 + 6.26\log_{10}(H + 25) - Z(4.4 + 0.52\sigma_{air}^2)^{1/2}$$

Dónde:

$T_{(pav)}$ = Temperatura del pavimento bajo la superficie, °C

$T_{(air)}$ = Temperatura más baja del aire (promedio de los días más fríos del año), °C

H = Profundidad desde la superficie, mm

σ_{air} = Desviación estándar de la temperatura más baja, °C

Z = De la tabla de distribución normal, Z= 2.055 para un 98% de confiabilidad

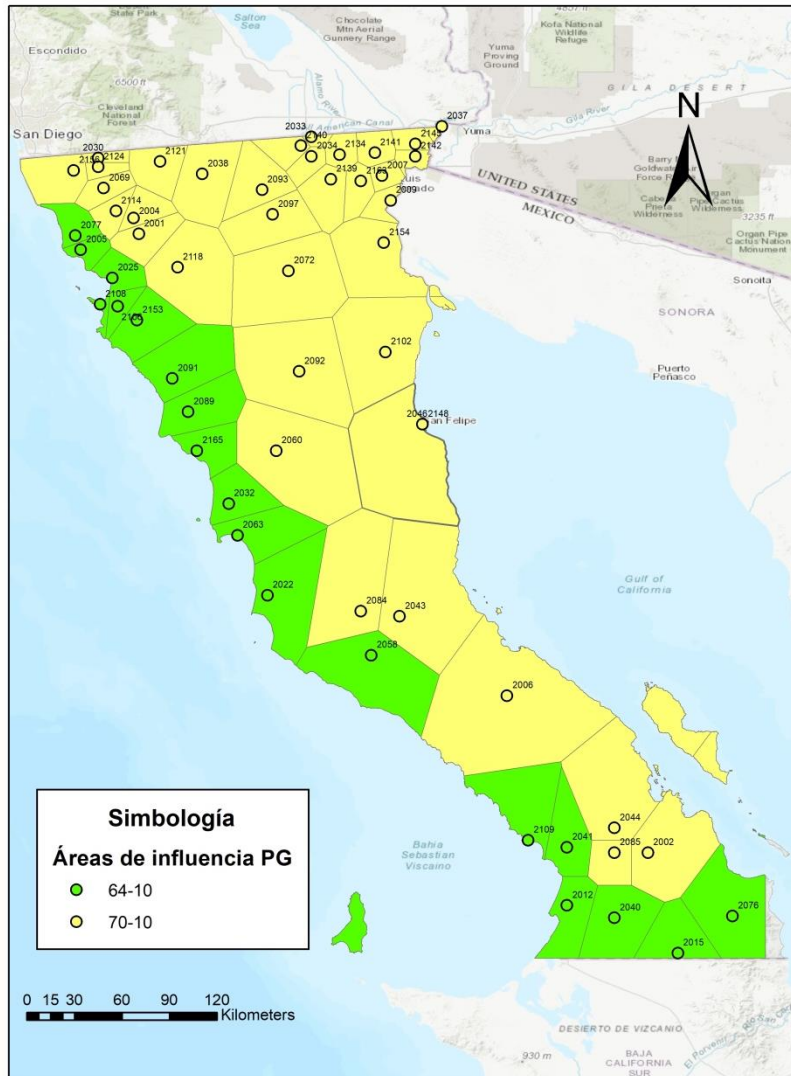
4.2.3 Elaboración de mapa regionalizado

Para la elaboración del mapa regionalizado se realizó un análisis para determinar el área de influencia de cada una de las estaciones climáticas por medio del método de los polígonos de Thiessen, el cual fue llevado a cabo mediante la plataforma ArcGIS en el cual se generaron los mapas de zonificación. Estas áreas de influencia fueron determinadas en base al valor $T_{(pav)}$ obtenido del algoritmo para temperatura alta⁶, los cuales se presentan en la figura 7, en la cual se observa que la temperatura del pavimento ($T_{(pav)}$), obtenido el promedio de los 7 días más calurosos, se registra en las estaciones ubicadas cerca de la costa del océano pacifico las temperaturas más bajas en una ponderación que fue realizada en base al grado PG obtenido bajo el siguiente criterio: Las temperaturas máximas y mínimas se extienden tanto como sea necesario con incrementos estandarizados de seis (6) grados. Sin embargo, generalmente las temperaturas máximas se consideran de sesenta y cuatro (64) a ochenta y ocho (88) grados Celsius y las mínimas, de menos cuarenta (-40) a menos veintidós (-22) grados Celsius (SCT, 2008), esto es; si la temperatura del pavimento $T_{(pav)}$ calculada a alta temperatura es igual o menor a 64°C se considera un grado PG de 64. En el caso de que la temperatura $T_{(pav)}$ calculada a alta temperatura fuese de 64.1°C el grado PG sería de 70 ya que se redondea al próximo grado superior, lo mismo sucede para la obtención del grado PG a baja temperaturas.

⁶ Los grados PG obtenidos para baja temperatura en la región estudiada están por debajo del mínimo establecido por la SCT (-22) y por el mínimo establecido por Superpave (-10) lo cual causó un redondeo general de -10, por esta razón no fue considerada la temperatura baja en la zonificación del grado PG.

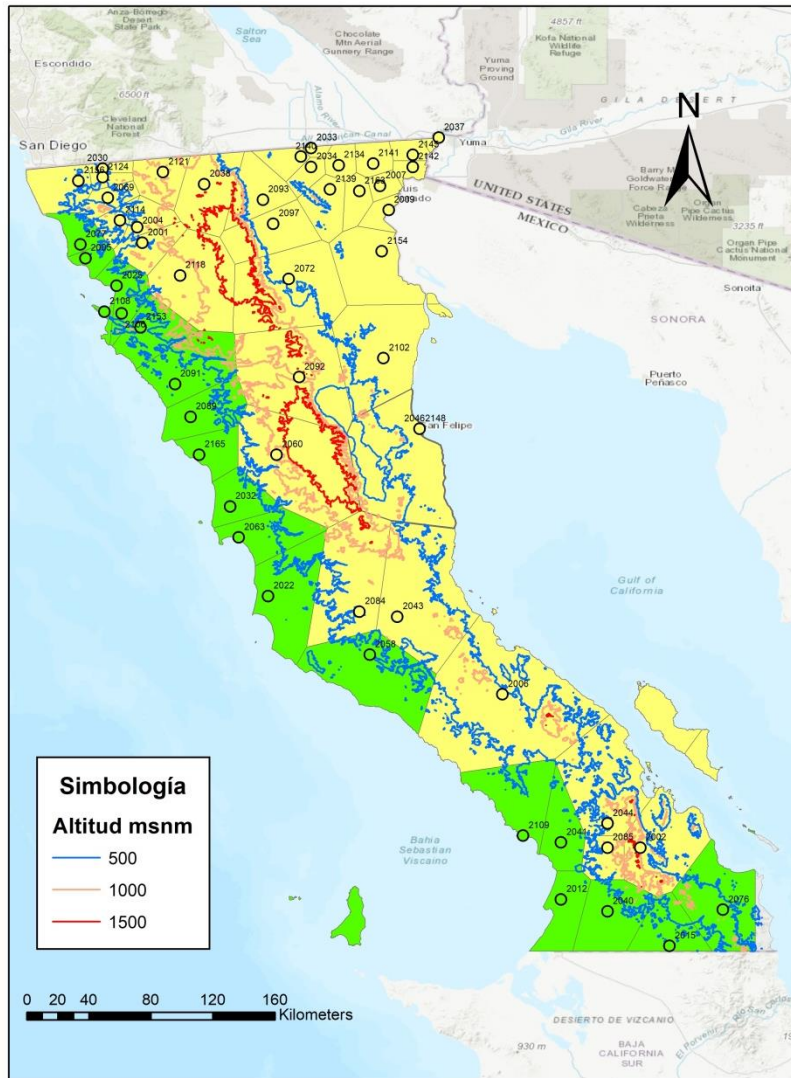
Ya que el área de influencia obtenida por el método de los polígonos de Thiessen no considera la elevación de la estación climática, esto es considera el área de influencia como una superficie plana, se procedió a ajustar el área de influencia mediante curvas de nivel, realizando una valoración visual a diferentes cotas de elevación, observando que la cota de 500 msnm es la que mejor delimitaba el área de influencia en base a la elevación del terreno.

Figura 7. Delimitación de áreas de influencia por polígonos de Thiessen del grado PG en estaciones climatológicas seleccionadas para el cálculo del grado PG Baja California.



Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura 8. Superposición de cota de nivel de 500 msnm para el ajuste de áreas de influencia por polígonos de Thiessen del grado PG en estaciones climatológicas seleccionadas para el cálculo del grado PG en Baja California.



Fuente: Elaboración propia, 2017

En la figura 8 se puede observar la delimitación dada por las cotas de nivel con altitud de 500, 1000 y 1500 msnm, observando en la cota de nivel de 500 msnm un mejor comportamiento a la delimitación de temperaturas, cortando algunos polígonos en 2 elevaciones, > 500 msnm y < 500 msnm, en este sentido y considerando la ubicación de la estación climática origen de cada polígono, se ajustaron los grados de desempeño igualándolas según su altitud, esto es; si una de las estaciones (marcadas con círculo en el mapa) indica PG 70-10 y se ubica por encima de la cota de nivel (> 500 msnm), su parte baja (< 500 msnm) será ajustada al grado PG de la estación más próxima que se encuentre por debajo de la cota de nivel.

Otro ajuste que fue necesario realizar, por cuestiones de uniformidad en la integración de los grados PG fue el de realizar un brinco del grado PG obtenido para las estaciones 2060 y 2072, ya que mediante un análisis exhaustivo de datos, se determinó que:

- 1) No había razones para no considerarlas ya que presentaban una sólida matriz de datos.
- 2) La posible presencia de microclimas en la ubicación de las estaciones ya que en ambos casos presentan temperaturas máximas de hasta 43°C seguidos de temperaturas que van por debajo de los 35°C

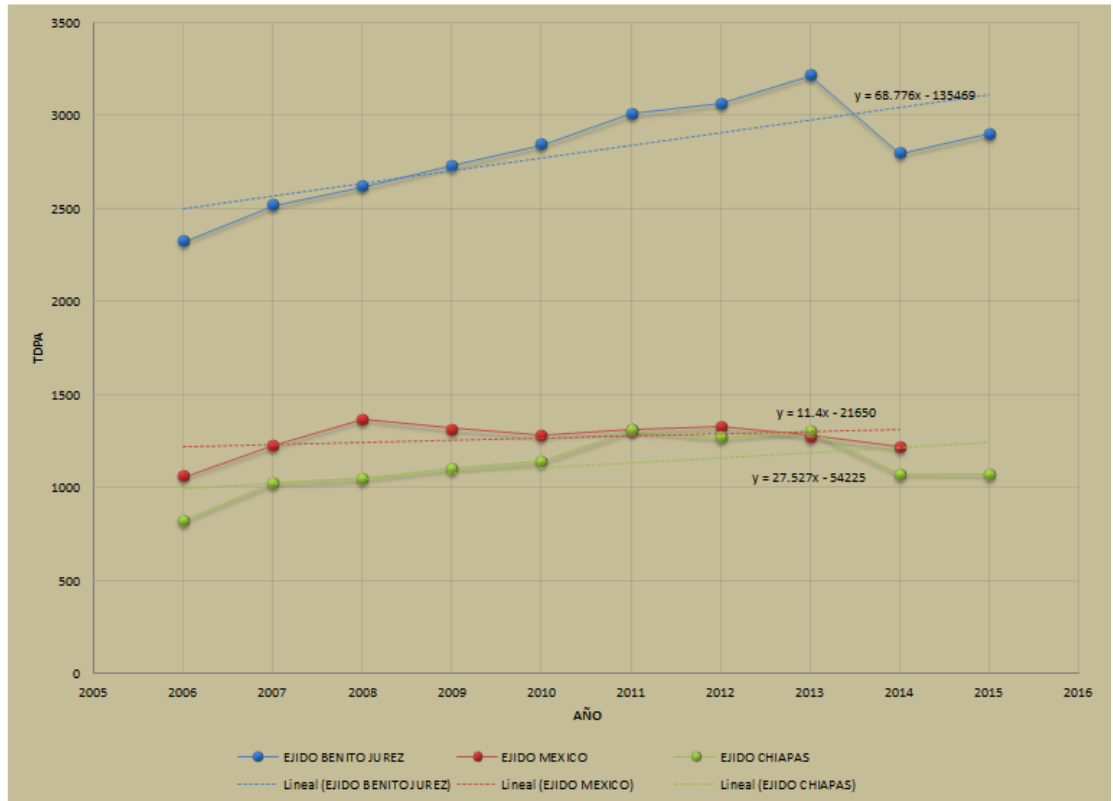
4.3 M3: Análisis de costos de la durabilidad en los pavimentos flexibles de Baja California.

4.3.1 Incidencia de los coeficientes de daño para la determinación de los ejes equivalentes (ΣL) en proyectos de construcción de vialidades con pavimentos flexibles.

Los coeficientes de daño representan numéricamente el daño producido por el paso de las cargas con respecto a un eje de referencia y son estos de vital importancia para la determinación de los ejes equivalentes. La unidad de ejes equivalentes nos sirve para predecir el deterioro en el pavimento razón por la cual en este capítulo se utilizaron 3 diferentes coeficientes a manera de establecer las diferencias en los ejes equivalentes obtenidos y determinar, de manera aproximada, el tiempo de vida del pavimento proyectado.

Para esta valoración, se obtuvo al azar una estación de medición de los datos viales para carreteras de Baja California proporcionados por la Secretaria de Comunicaciones y transportes (SCT), de donde se obtuvo el TDPA y composición vehicular para vehículos de carga. De igual manera se realizó un análisis del crecimiento vehicular (ver figura 9) utilizando líneas de tendencia a la alza del comportamiento del mismo, con los datos viales registrados en los últimos 10 años para establecer la tasa de crecimiento vehicular en Baja California.

Figura 9. Análisis del TDPA utilizando líneas de tendencia.



Fuente: Elaboración propia, 2017

Una vez obtenida esta información se procedió al cálculo de los ejes equivalentes con el procedimiento establecido en el método de la UNAM obteniendo valores de ΣL para cada año de servicio, durante una vida proyectada de 15 años; variando únicamente los coeficientes de daño de acuerdo a lo siguiente.

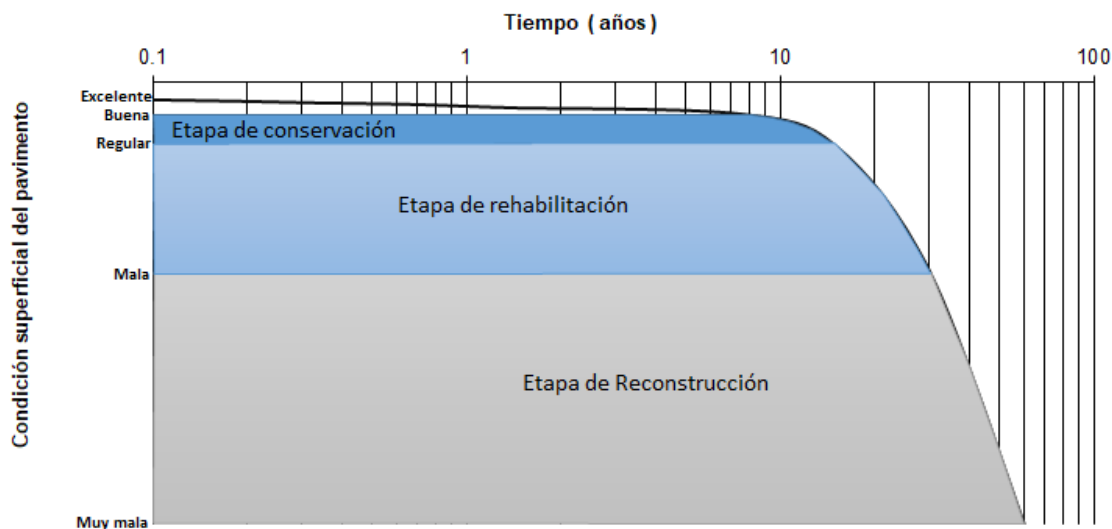
- 1) **Coefficientes de daño nuevos.**- Coeficientes de daño calculados con las condiciones de carga por eje estipuladas en la normativa NOM-012-SCT-2-2014 y presiones de inflado de llanta comunes en la región de Baja California.
- 2) **Coefficientes de daño de 1978.**- Coeficientes de daño establecidos en el apéndice E de la publicación número 444 del instituto de ingeniería de la UNAM.
- 3) **Coefficientes de daño por default.**- Coeficientes que utiliza por default el programa de diseño DISPAV en su versión 5, cuando el diseñador no cuenta con información de la presión de inflado y de las cargas reales de proyecto.

Los datos obtenidos fueron graficados a manera de obtener un comportamiento aproximado de la acumulación de ΣL al término de la vida de servicio.

Para el análisis del impacto que genera el establecimiento de espesores más rebosados en una estructura de pavimentos se han generado, con la ayuda de la

gráfica de serviciabilidad de pavimentos manejada en la guía de diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO (ver figura 10), la siguiente metodología.

Figura 10. Pérdida de capacidad estructural de un pavimento en el tiempo.



Fuente: Modificación de guía de diseño estructural de pavimentos AASTHO, 1993

Cabe mencionar que el gráfico de la figura 10 fue modificado a manera de que el tiempo final en la etapa de conservación coincidiera con el tiempo de vida de proyecto del pavimento utilizado para la obtención de los espesores tipo para estructuras de pavimento del estado de Baja California.

Para definir la etapa en la cual un pavimento flexible debe ser intervenido (etapa de conservación) se ha considerado el criterio de falla funcional establecido en la publicación 325 del Instituto de Ingeniería de la UNAM, que a la letra dice: “Se considera que un modelo de pavimento falla cuando el 20% de la longitud del mismo presenta deformaciones permanentes iguales o mayores a 2.5 cm, medidas en relación al perfil original”. En base a este criterio se establece que para que la superficie de nuestro pavimento siga siendo funcional requiere intervenciones de conservación, lo cual conlleva a gastos de mantenimiento a través del tiempo.

En esta última parte del documento se realizó un ejercicio de costos aproximados de lo que sería construir y conservar por 5 años más, una vialidad proyectada a 15 años de vida útil, esto es construir y conservar una vialidad por al menos 20 años, otorgando una funcionalidad óptima al conductor. Para esto se utilizó como referencia la gráfica de serviciabilidad de la figura 10, modificándola según la vida obtenida en años mediante la variación de los diferentes coeficientes de daño mencionados en este

documento. De esta manera se realizaron los costos aproximados para 2 tipos de estructura de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 8. Tipos de estructura según tránsito obtenido con diferentes coeficientes de daño.

Concepto	Estructura tipo 1	Estructura tipo 2
Coeficientes utilizados	1978	Nuevos
Tránsito en millones ΣL	6.5	29
Origen de la estructura	Catalogo SCT	Catalogo para B.C
Espesor de Carpeta Asfáltica en cm	14	20
Espesor de Base Hidráulica cm	25	20
Espesor de Sub Base en cm	25	20
Espesor de Sub Rasante en cm	30	35

Como se puede observar en la tabla 8, se consideraron únicamente 2 estructuras de 3 posibles (coeficientes de daño nuevos, coeficientes de daño de 1978 y coeficientes de daño por default) ya que las estructuras resultantes para los coeficientes de daño de 1978 y por default no mostraron cambio significativo para los fines comparativos de este documento (1 cm en espesor de carpeta asfáltica) por lo cual se consideró que la estructura 1 caracteriza a ambas.

Los costos de construcción y conservación fueron determinados en base a una vialidad con ancho de carril de 3.65 metros, un solo carril y una longitud de 1 kilómetro. En el entendido de que las intervenciones para la conservación de vialidades pueden ser diversas, se ha establecido una de las más comunes en la región, la cual consiste en la remoción por medio de fresado de 5 cm de carpeta asfáltica, sustituyéndola por una carpeta nueva elaborada en caliente.

5 RESULTADOS

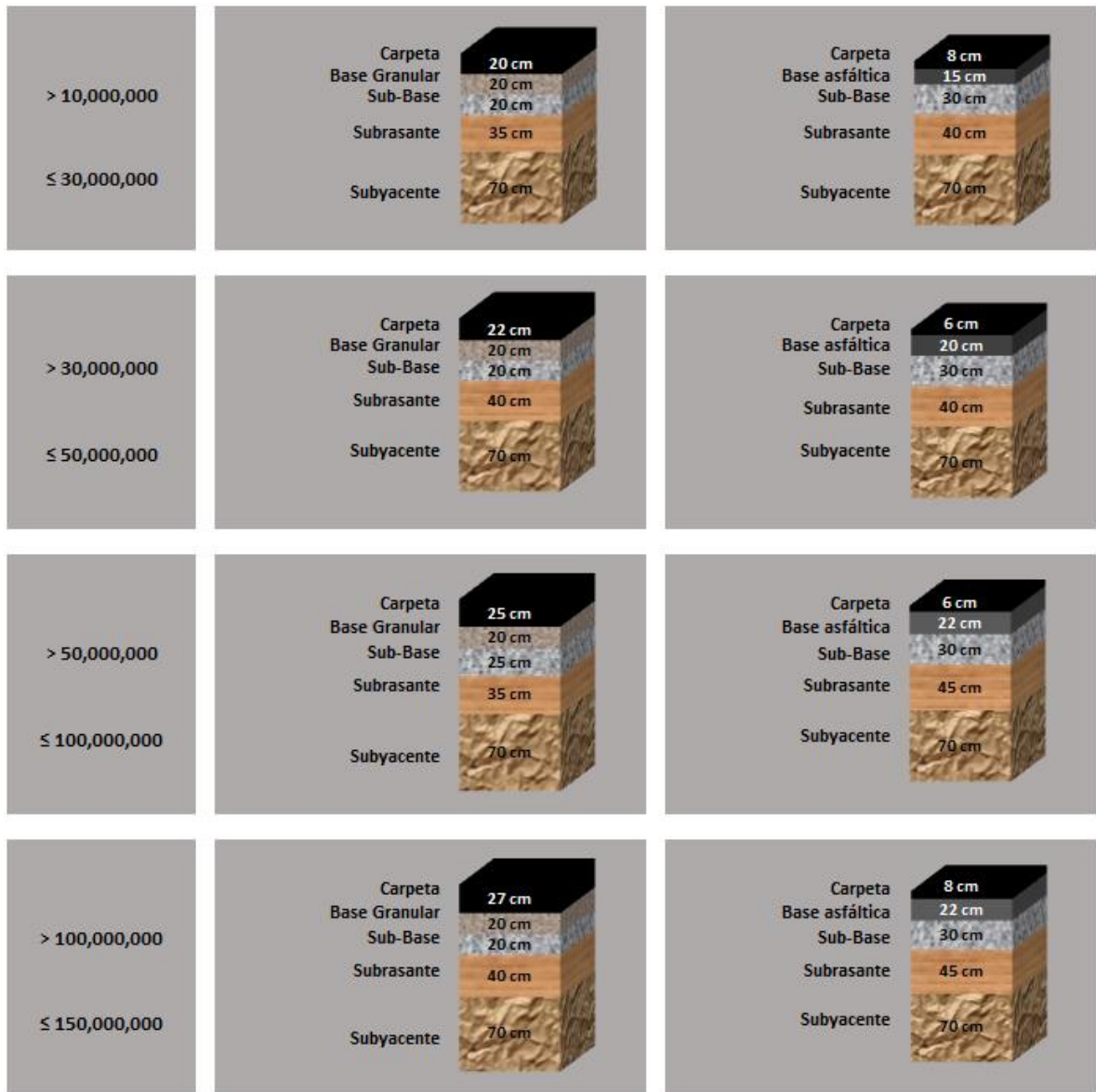
5.1 Secciones estructurales tipo para pavimentos flexibles.

En la figura 11 de este documento se muestran en 2 opciones; estructura convencional y estructura con base asfáltica. Estas secciones están establecidas según la categoría de tránsito en ejes equivalentes, por lo cual se debe partir de los aforos de tránsito vehicular para pavimentos existentes o del estudio de tránsito estimado para pavimentos nuevos. Una vez establecida la categoría de tránsito en ejes equivalentes se procede a seleccionar la opción técnica y económicamente más adecuada.

Figura 11. Secciones tipo para pavimentos flexibles en Baja California (parte 1).

ΣL	<i>ESTRUCTURA CONVENCIONAL</i>		<i>ESTRUCTURA CON BASE ASFÁLTICA</i>	
	<i>Capa</i>	<i>Espesores</i>	<i>Capa</i>	<i>Espesores</i>
< 100,000	Carpeta Base Granular Subrasante	5 cm 20 cm 25 cm		
> 100,000 ≤ 1,000,000	Carpeta Base Granular Subrasante Subyacente	9 cm 25 cm 45 cm 30 cm		
> 1,000,000 ≤ 3,000,000	Carpeta Base Granular Subrasante Subyacente	12 cm 30 cm 40 cm 70 cm		
> 3,000,000 ≤ 10,000,000	Carpeta Base Granular Sub-Base Subrasante Subyacente	16 cm 20 cm 20 cm 35 cm 70 cm	Carpeta Base asfáltica Sub-Base Subrasante Subyacente	5 cm 15 cm 20 cm 45 cm 70 cm

Figura 11. Secciones tipo para pavimentos flexibles en Baja California (parte 2).



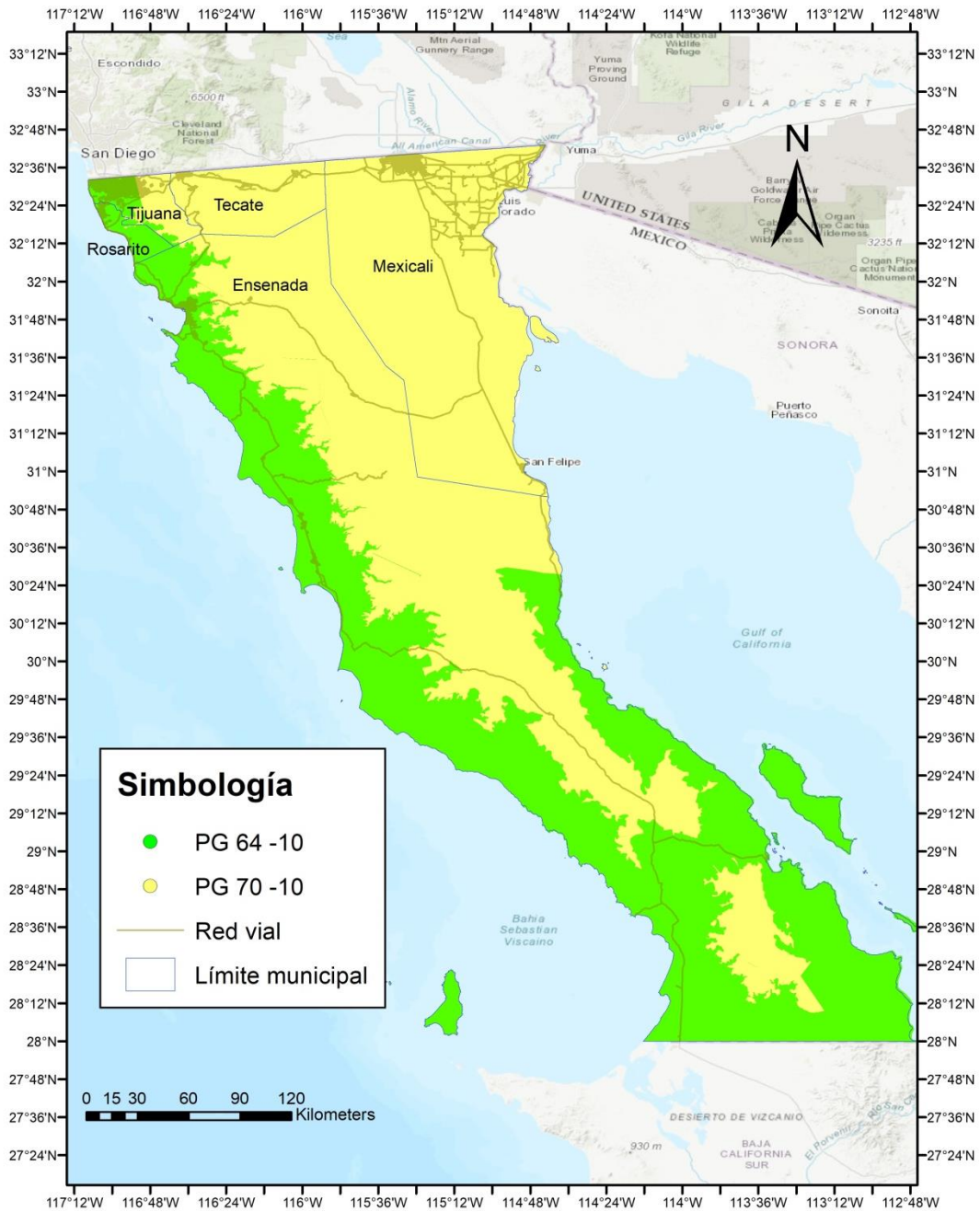
Fuente: Elaboración propia, 2017

5.2 Regionalización del grado PG de cementos asfálticos dado por condiciones de temperatura.

Los grados PG pueden ser tantos y tan amplios como la gama de temperaturas que se registran en la región. Razón por la cual, en la figura 12 queda establecido el mapa zonificado del estado de Baja California para los Gados PG de los cementos asfálticos para condiciones dadas por temperatura.

Mediante este mapa, el ingeniero proyectista podrá determinar el grado de desempeño del ligante asfáltico, en base a las coordenadas geográficas en la obra de interés, seleccionando de esta manera uno de los 3 grados de desempeño dispuestos para la región.

Figura 12. Mapa de grados PG para cementos asfálticos regionalizados en base a condiciones de temperatura para Baja California.

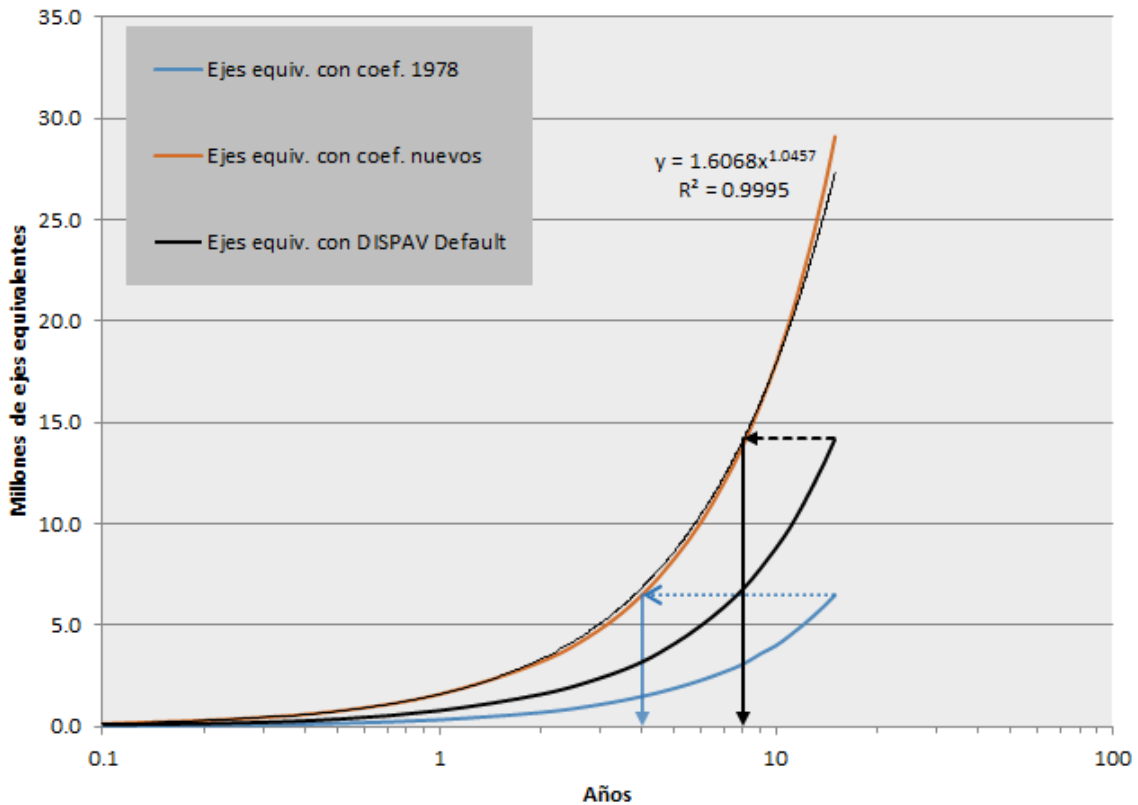


Fuente: Elaboración propia, 2017

5.3 Análisis de costos de la durabilidad en los pavimentos flexibles de Baja California.

Dentro de los resultados obtenidos en esta metodología se encuentra la vida real en años de un pavimento diseñado sin considerar las condiciones reales carga y presión de inflado. En la figura 13 se muestra la disminución en ejes acumulados cuando se calculan con coeficientes de daño no ajustados a las condiciones reales de carga y presión de inflado.

Figura 13. Comportamiento del tránsito en ΣL y vida estimada en años, según coeficientes de daño.



Fuente: Elaboración propia, 2017

Otro factor importante para determinar el costo que implica conservar un pavimento a través de su vida útil de servicio es determinar el número de intervenciones que serán necesarios a través de un tiempo t determinado ($t=20$ años para fines de este documento).

En la figura 14 se muestra el número de intervenciones requerido para cada tipo de estructura. Este número de intervenciones es primordial para determinar el costo por conservación de cada caso tal como se muestra a continuación:

- Caso **a)** construida con una estructura tipo 2, según la tabla 8 de este documento, la cual requiere 1 sola intervención para una conservación a 20 años.
- Caso **b)** construida con una estructura tipo 1, según la tabla 8 de este documento, la cual requiere 3 intervenciones de conservación a 20 años.
- Caso **c)** construida con una estructura tipo 1, según la tabla 8 de este documento, la cual requiere hasta 7 intervenciones de conservación a 20 años.

Figura 15. Costo de construcción en 1 km de pavimento flexible para estructura tipo 1 y tipo 2.

COSTO DE CONSTRUCCIÓN											
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	Estructura Tipo 1				Estructura Tipo 2				
			UBICACIÓN	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	UBICACIÓN	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	
1	CONSTRUCCIÓN DE CAPA SUB-RASANTE DE 30 CM DE ESPESOR COMPACTO(INCLUYE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 95% DE SU P.V.S.S) FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO.	M3	KM 0+000 AL 1+000	1,095.00	\$51.65	\$56,556.75					
2	CONSTRUCCIÓN DE CAPA SUB-RASANTE DE 35 CM DE ESPESOR COMPACTO(INCLUYE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 95% DE SU P.V.S.S) FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO.	M3					KM 0+000 AL 1+000	1,277.50	\$51.65	\$65,982.88	
3	CONSTRUCCIÓN DE CAPA SUB-BASE DE 25 CM DE ESPESOR COMPACTO(INCLUYE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 100% DE SU P.V.S.S) FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO.	M3	KM 0+000 AL 1+000	912.50	\$45.59	\$41,600.88					
4	CONSTRUCCIÓN DE CAPA SUB-BASE DE 20 CM DE ESPESOR COMPACTO(INCLUYE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 100% DE SU P.V.S.S) FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO.	M3					KM 0+000 AL 1+000	730.00	\$45.59	\$33,280.70	
5	CONSTRUCCIÓN DE BASE HIDRÁULICA DE 25 CM DE ESPESOR COMPACTOS, CON MATERIAL PÉTREO T.M.A. 2 (INCLUYE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 100% DE SU P.V.S.S)	M3	KM 0+000 AL 1+000	912.50	\$50.91	\$46,455.38					
6	CONSTRUCCIÓN DE BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR COMPACTOS, CON MATERIAL PÉTREO T.M.A. 2 (INCLUYE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 100% DE SU P.V.S.S)	M3					KM 0+000 AL 1+000	730.00	\$50.91	\$37,164.30	
7	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA CON ASFALTO MC-800 EN PROPORCIÓN DE 0.5 LTS/M2, INCLUYE: SUMINISTRO DE SAFALTO,CARGA Y ACARREO AL LUGAR DE LA OBRA, BARRIDO PREVIO DE LA SUPERFICIE,CALENTAMINETO, BOMBEO Y APLICACIÓN , MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COCORRECTA EJECUCIÓN.	M2	KM 0+000 AL 1+000	7,300.00	\$8.08	\$58,984.00	KM 0+000 AL 1+000	10,950.00	\$8.08	\$88,476.00	
8	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE DE 14.0 CMS. DE ESPESOR, EN 2 CAPAS DE 7 CM COMPACTADO AL 96% DE SU GRAVEDAD ESPECIFICA TEÓRICA MÁXIMA (GMM), CON MATERIAL PÉTREO TRITURADO DE 3/4" ASFALTO GRADO (PG 82-22) INCLUYE: SUMINISTRO DE CARPETA, COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON EQUIPO MECÁNICO EXTENDEDORA, TOMANDO COMO UNIDAD DE PAGO EL METRO CUADRADO DE CARPETA SUMINISTRADA, COLOCADA TENDIDO Y COMPACTADA, ADITIVO PARA LA ADHERENCIA PÉTREO-ASFALTO, ADQUISICIÓN, CARGA Y ACARREO DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS PARA LA MEZCLA, EQUIPO, CARGA, DESCARGA, FLETE, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN DE ESTE CONCEPTO.	M2	KM 0+000 AL 1+000	3,650.00	\$420.36	\$1,534,314.00					
8	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE DE 20.0 CMS. DE ESPESOR, EN 3 CAPAS DE 8.7 CM COMPACTADO AL 96% DE SU GRAVEDAD ESPECIFICA TEÓRICA MÁXIMA (GMM), CON MATERIAL PÉTREO TRITURADO DE 3/4" ASFALTO GRADO (PG 70-22) INCLUYE: SUMINISTRO DE CARPETA, COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON EQUIPO MECÁNICO EXTENDEDORA, TOMANDO COMO UNIDAD DE PAGO EL METRO CUADRADO DE CARPETA SUMINISTRADA, COLOCADA TENDIDO Y COMPACTADA, ADITIVO PARA LA ADHERENCIA PÉTREO-ASFALTO, ADQUISICIÓN, CARGA Y ACARREO DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS PARA LA MEZCLA, EQUIPO, CARGA, DESCARGA, FLETE, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN DE ESTE CONCEPTO.	M2					KM 0+000 AL 1+000	3,650.00	\$567.54	\$2,071,521.00	
SUBTOTAL						\$1,737,911.00	SUBTOTAL				\$2,296,424.88
16% I.V.A.						\$278,065.76	16% I.V.A.				\$367,427.98
TOTAL ESTRUCTURA TIPO 1						\$2,015,976.76	TOTAL ESTRUCTURA TIPO 2				\$2,296,424.88

Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura 16. Costo de conservación en 1 km de pavimento flexible para estructura tipo 1 y tipo 2.

COSTO DE CONSERVACIÓN											
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	Conservación de estructura tipo 1				Conservación de estructura tipo 2				
			UBICACIÓN	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	UBICACIÓN	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	
1	FREZADO DE CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE, DE UN ESPESOR DE 5.0 CM. INCLUYE: EQUIPO MECÁNICO, FRESADORA, BARRIDO, SOPLETEADO, CARGA Y ACARREO DEL MATERIAL PRODUCTO DEL FREZADO AL (POBLADO LA RUMOROSA Y PARQUE EOLICO LA RUMOROSA) DONDE INDIQUE EL RESIDENTE DE SUPERVISIÓN DE OBRA, BANDEREROS, HERRAMIENTA MENOR, MANO DE OBRA NECESARIA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	M2	KM 0+000 AL 01+000	3,650.00	\$26.91	\$98,221.50	KM 0+000 AL 01+000	3,650.00	\$26.91	\$98,221.50	
2	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA CON ASFALTO MC-800 EN PROPORCIÓN DE 0.5 LTS/M2. INCLUYE: SUMINISTRO DE ASFALTO, CARGA Y ACARREO AL LUGAR DE LA OBRA, BARRIDO PREVIO DE LA SUPERFICIE, CALENTAMIENTO, BOMBEO Y APLICACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	M2	KM 0+000 AL 01+000	3,650.00	\$8.08	\$29,492.00	KM 0+000 AL 01+000	3,650.00	\$8.08	\$29,492.00	
3	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE DE 5.0 CMS. DE ESPESOR, COMPACTADO AL 96% DE SU DENSIDAD TEORICA MÁXIMA (GMM), CON MATERIAL PÉTREO TRITURADO DE 3/4" ASFALTO GRADO (PG 70-22) INCLUYE: SUMINISTRO DE CARPETA, COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON EQUIPO MECÁNICO EXTENDEDORA, TOMANDO COMO UNIDAD DE PAGO EL METRO CUADRADO DE CARPETA SUMINISTRADA, COLOCADA TENDIDO Y COMPACTADA, ADITIVO PARA LA ADHERENCIA PÉTREO-ASFALTO, ADQUISICIÓN, CARGA Y ACARREO DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS PARA LA MEZCLA, EQUIPO, CARGA, DESCARGA, FLETE, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN DE ESTE CONCEPTO, LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES DE S.C.T.						KM 0+000 AL 01+000	3,650.00	\$203.36	\$742,264.00	
4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE DE 5.0 CMS. DE ESPESOR, COMPACTADO AL 96% DE SU DENSIDAD TEORICA MÁXIMA (GMM), CON MATERIAL PÉTREO TRITURADO DE 3/4" ASFALTO GRADO (PG 82-22) INCLUYE: SUMINISTRO DE CARPETA, COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON EQUIPO MECÁNICO EXTENDEDORA, TOMANDO COMO UNIDAD DE PAGO EL METRO CUADRADO DE CARPETA SUMINISTRADA, COLOCADA TENDIDO Y COMPACTADA, ADITIVO PARA LA ADHERENCIA PÉTREO-ASFALTO, ADQUISICIÓN, CARGA Y ACARREO DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS PARA LA MEZCLA, EQUIPO, CARGA, DESCARGA, FLETE, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN DE ESTE CONCEPTO, LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES DE S.C.T.	M2	KM 0+000 AL 01+000	3,650.00	\$213.36	\$778,764.00					
SUBTOTAL						\$906,477.50	SUBTOTAL				\$869,977.50
16% I.V.A.						\$145,036.40	16% I.V.A.				\$139,196.40
TOTAL						\$1,051,513.90	TOTAL				\$1,009,173.90

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la figuras 15 y 16 se muestran los conceptos generados, así como los costos de construcción y conservación para los 2 tipos de estructura los cuales quedan concentrados en la figura 17, en donde, en el sentir de que una vialidad debe ser conservada mediante intervenciones que generan gasto extra, queda integrado el costo de construcción y el costo de mantenimiento en lo que se ha denominado costo total integral.

Figura 17. Costo integral en 1 km de pavimento flexible para estructura tipo 1 y tipo 2.

Estructura	Tipo 2		Tipo 1	
	a	b	c	
Costo de construcción	\$2,296,424.88	\$2,015,976.76		
Costo de conservación	\$1,009,173.90	\$1,051,513.90		
Intervenciones de conservación	1	3	7	
Costo total integral	\$3,305,598.78	\$5,170,518.46	\$9,376,574.06	

Fuente: Elaboración propia, 2017

6 CONCLUSIONES

Con base a los resultados presentados en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. Para lograr pavimentos flexibles más durables se debe realizar una revisión constante de las cargas que se mueven en la región, tanto las máximas permitidas por la autoridad correspondiente como las cargas reales que transitan en las vialidades del estado de Baja California. Como se vio en este trabajo las cargas vehiculares tienen una gran influencia en el cálculo de los ejes equivalentes.
2. Al igual que las cargas vehiculares, otro parámetro que debe estar en constante revisión es la presión de inflado en vehículos cargados y sin carga, ya que esta presión es la encargada de distribuir los esfuerzo al sistema multicapa afectando directamente a la obtención de los coeficientes de daño y por consecuente a al cálculo de los ejes equivalentes.
3. Deben realizarse aforos vehiculares en vialidades urbanas, ya que se ha observado que los datos vehiculares que proporciona la SCT están enfocados a carreteras o vialidades fuera de la mancha urbana, esto es de suma importancia para la futura revisión de los espesores tipo.
4. En los datos proporcionados por CONAGUA se observó una gran cantidad de estaciones climatológicas con datos inconsistentes de temperatura, por lo cual deben ser validadas en cuanto a la confiabilidad de los datos (σ_{air}) para ser consideradas o rechazadas en el cálculo del grado PG ya que esto puede proporcionar grados más elevados.
5. El registro de temperatura más baja en Baja California observado es de -11°C , dando una temperatura del pavimento (T_{pav}) de -9°C por lo cual se deduce que difícilmente el valor a la baja del grado de desempeño (PG) llegara a ser -22 , grado establecido en la normativa federal del 2008.
6. Al utilizar el grado PG obtenido por condiciones de temperatura se debe, además de revisar su clasificación, revisar la deformación no recuperable (j_{nr}) y la recuperación elástica (RE) por el método MSCR y de esta manera clasificar el asfalto de acuerdo con lo establecido en el capítulo J de las Normas Técnicas de proyecto y construcción para obras de vialidades del estado de Baja California
7. La durabilidad en la etapa funcional de un pavimento depende de varios factores, estos factores son manejados a criterio del diseñador y en muchas ocasiones este criterio juega a favor de estructuras de menor costo de construcción, dejando de lado la conservación del pavimento. Por esta razón se remarca la importancia de generar estructuras regionalizadas (espesores tipo) para la construcción de vialidades, eliminando de esta manera la manipulación de factores en base a criterios mal establecidos.

8. A manera de economizar los costos de construcción y mantenimiento de vialidades en el estado de Baja California se debe realizar correctamente la selección del asfalto a utilizar en la elaboración de la mezcla asfáltica. La selección del grado PG debe realizarse en base a condiciones de temperatura regionales, ya que como se ha visto en este trabajo los grados PG obtenidos son diferentes a los comúnmente utilizados (PG 82-22). Un grado PG elevado indica un alto contenido de polímero, lo cual se traduce en mayor costo de producción.
9. Lo que se construye a bajo costo no es sinónimo de económico, ya que una vialidad construida con una estructura holgada (tipo 2) que supone un costo aproximado de 1.14 veces más que una estructura común (tipo 1), en el entendido de que esta vialidad debe ser conservada a lo largo del tiempo, esta estructura holgada representara un ahorro de alrededor del 180% en el gasto total integral. Lo cual genera un impacto económico importante para la región en lo referente a vialidades más duraderas y que generen un menor costo de conservación.

6.1 Valoración de hipótesis planteada

Partiendo de la hipótesis del método de la UNAM para diseño de pavimentos flexibles “La carretera más económica es aquella que tiene una resistencia relativa uniforme en todas sus capas y llega a la falla funcional cuando ha soportado el numero acumulado de aplicaciones de carga equivalente (ΣL) especificadas para la vida de proyecto del camino” (Santiago Corro, 1974). Esta definición implica que una vialidad, llámese eje troncal, carretera o camino, denominada como la opción más económica; no es necesariamente la más barata o la de menor costo de construcción, si no la que logra llegar en buen estado funcional al final del número acumulado de cargas equivalentes para la cual fue proyectada, en este sentido, para la elaboración de esta tesis se ha planteado las siguiente hipótesis que a la par da sustento a este trabajo de investigación:

Hipótesis: El costo de construcción de un pavimento flexible estructurado con espesores holgados, regionalizados en base a condiciones locales, representa un beneficio económico para el estado de Baja California.

Hipótesis Alterna: La creación de secciones tipo para estructuras de pavimento flexible y la regionalización de los ligantes asfálticos en base a su grado PG **representa** un costo optimo en la construcción y mantenimiento de los pavimentos flexibles del estado de Baja California.

Hipótesis Nula: La creación de secciones tipo para estructuras de pavimento flexible y la regionalización de los ligantes asfálticos en base a su grado PG **no representa** un costo optimo en la construcción y mantenimiento de los pavimentos flexibles del estado de Baja California.

A manera de otorgar validación a las hipótesis planteadas se remarcan los siguientes puntos:

1. Sin duda alguna las vialidades proyectadas a un tiempo determinado de óptima serviciabilidad requieren de intervenciones periódicas para ser conservadas.
2. Estas intervenciones pueden llegar a ser tantas como el tiempo en que la condición superficial de pavimento comience a deteriorarse.
3. El costo de conservación de una vialidad puede ser tan alto como el número de intervenciones realizadas para preservar su serviciabilidad

Una vez establecido lo anterior tanto la Hipótesis Alterna como la Hipótesis Nula son aceptadas.

7 ANEXOS

7.1 Calculo de coeficientes de daño en condición cargada para Baja California.

Tipo de Camión: **B2**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
						ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D	
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.0494812	0.0380020	0.02809	0.2822527	0.1810775	0.1116636	0.0656899
Sencillo (M)	2	12.50	10.50	9.00	8.00	7.00	4.80963	3.3308722	2.3161253	1.71167	10.4261154	4.0256470	1.7268692	0.9019989
	Σ=	19.00	16.50	14.50	13.00	13.40	5.55331	3.38035	2.35413	1.73975	10.7084	4.2067	1.8385	0.9677

Tipo de Camión: **B3**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
						ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D	
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.0494812	0.0380020	0.02809	0.2822527	0.1810775	0.1116636	0.0656899
Tandem	2	21.00	17.00	14.50	13.50	7.00	6.66174	4.0107384	2.6150474	2.13046	7.1562188	2.2498874	0.9366230	0.6309882
	Σ=	27.50	23.00	20.00	18.50	13.40	7.40542	4.06022	2.65305	2.15855	7.4385	2.4310	1.0483	0.6967

Tipo de Camión: **C2**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
						ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D	
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.0494812	0.0380020	0.02809	0.2822527	0.1810775	0.1116636	0.0656899
Sencillo	2	12.50	10.50	9.00	8.00	7.00	4.80963	3.3308722	2.3161253	1.71167	10.4261154	4.0256470	1.7268692	0.9019989
	Σ=	19.00	16.50	14.50	13.00	13.40	5.55331	3.38035	2.35413	1.73975	10.7084	4.2067	1.8385	0.9677

Tipo de Camión: **C3**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
						ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D	
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.0494812	0.0380020	0.02809	0.2822527	0.1810775	0.1116636	0.0656899
Tandem	2	21.00	17.00	14.50	13.50	7.00	6.66174	4.01074	2.61505	2.13046	7.1562188	2.2498874	0.9366230	0.6309882
	Σ=	27.50	23.00	20.00	18.50	13.40	7.40542	4.06022	2.65305	2.15855	7.4385	2.4310	1.0483	0.6967

Tipo de Camión: **T2S2**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
						ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D	
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.04948	0.03800	0.02809	0.28225	0.18108	0.11166	0.06569
Sencillo	2	12.50	10.50	9.00	8.00	7.00	4.80963	3.33087	2.31613	1.71167	10.42612	4.02565	1.72687	0.90200
Tandem	3	19.00	15.00	13.50	12.00	7.70	7.17681	3.76932	2.75103	1.89626	4.21894	1.14612	0.63943	0.33246
	Σ=	38.00	31.50	28.00	25.00	21.10	12.73012	7.14967	5.10516	3.63602	14.9273	5.3528	2.4780	1.3001

Tipo de Camión: **T3S3**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
							ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.04948	0.03800	0.02809	0.28225	0.18108	0.11166	0.06569
Tandem	2	21.00	17.00	14.50	13.50	7.70	9.18259	5.35854	3.41244	2.75103	7.30398	2.28766	0.95007	0.63943
Tridem	3	26.50	22.50	20.00	19.00	7.70	8.91182	5.65398	3.97168	3.38299	7.68660	3.13146	1.63597	1.23221
	Σ=	54.00	45.50	40.00	37.50	21.80	18.83808	11.06200	7.42212	6.16210	15.2728	5.6002	2.6977	1.9373

Tipo de Camión: **T3S2R3**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
							ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.04948	0.03800	0.02809	0.28225	0.18108	0.11166	0.06569
Tandem	2	21.00	17.00	14.50	13.50	7.70	9.18259	5.35854	3.41244	2.75103	7.30398	2.28766	0.95007	0.63943
Tandem	3	17.00	15.00	13.50	12.00	7.70	5.35854	3.76932	2.75103	1.89626	2.28766	1.14612	0.63943	0.33246
Sencillo	4	11.00	10.50	9.00	8.00	7.70	5.12148	4.59130	3.12081	2.26638	5.29376	4.10064	1.75452	0.91486
Tandem	5	17.00	15.00	13.50	12.00	7.70	5.35854	3.76932	2.75103	1.89626	2.28766	1.14612	0.63943	0.33246
	Σ=	72.50	63.50	56.00	50.50	37.20	25.76483	17.53795	12.07332	8.83803	17.4553	8.8616	4.0951	2.2849

Tipo de Camión: **T3S2R4**

Tipo de Eje	Características						Coeficientes de daño en condición cargada							
	Eje	P(ton) Cargado x tipo de camino:				p(kg/cm ²)	Z (cm) para cada tipo de camino							
		ET y A	B	C	D		15				90			
							ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D
Sencillo	1	6.50	6.00	5.50	5.00	6.40	0.74368	0.04948	0.03800	0.02809	0.28225	0.18108	0.11166	0.06569
Tandem	2	21.00	17.00	14.50	13.50	7.70	9.18259	2.67927	1.70622	1.37552	7.30398	2.28766	0.95007	0.63943
Tandem	3	17.00	15.00	13.50	12.00	7.70	5.35854	1.88466	1.37552	0.94813	2.28766	1.14612	0.63943	0.33246
Tandem	4	17.00	15.00	13.50	12.00	7.70	5.35854	1.88466	1.37552	0.94813	2.28766	1.14612	0.63943	0.33246
Tandem	5	17.00	15.00	13.50	12.00	7.70	5.35854	1.88466	1.37552	0.94813	2.28766	1.14612	0.63943	0.33246
	Σ=	44.50	38.00	33.50	30.50	21.80	26.00188	8.38273	5.87077	4.24800	14.4492	5.9071	2.9800	1.7025

7.1.1 Revisión de coeficientes de daño en condición cargada en DISPAV para Baja California

Rev. 5.0

**COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO
(O DE DAÑO RELATIVO)**

AUTOBÚS B2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	3.06	4.81	7.67	9.84	10.42	10.65
TOTAL	4.64	5.55	8.07	10.14	10.71	10.93

Anterior tipo de vehiculo Siguiente tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D8) Salir Siguiente

Rev. 5.0

**COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO
(O DE DAÑO RELATIVO)**

AUTOBÚS B3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	5.9	6.66	5.8	6.88	7.16	7.26
TOTAL	7.48	7.4	6.2	7.18	7.44	7.54

Anterior tipo de vehiculo Siguiente tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D8) Salir Siguiente

Rev. 5.0

**COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO
(O DE DAÑO RELATIVO)**

CAMIÓN C2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	3.06	4.81	7.67	9.84	10.42	10.65
TOTAL	4.64	5.55	8.07	10.14	10.71	10.93

Anterior tipo de vehiculo

Siguiente tipo de vehiculo

Anterior

(Ventana D8)

Salir

Siguiente

Rev. 5.0

**COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO
(O DE DAÑO RELATIVO)**

CAMIÓN C3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	5.9	6.66	5.8	6.88	7.16	7.26
TOTAL	7.48	7.4	6.2	7.18	7.44	7.54

Anterior tipo de vehiculo

Siguiente tipo de vehiculo

Anterior

(Ventana D8)

Salir

Siguiente

Rev. 5.0

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO (O DE DAÑO RELATIVO)

CAMIÓN T2-S2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	3.06	4.81	7.67	9.84	10.42	10.65
3	9.63	7.18	4.38	4.25	4.22	4.21
TOTAL	14.27	12.73	12.45	14.38	14.93	15.14

Anterior tipo de vehiculo

Siguiente tipo de vehiculo

Anterior

(Ventana D8)

Salir

Siguiente

Rev. 5.0

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO (O DE DAÑO RELATIVO)

CAMIÓN T3-S2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	9.9	9.18	6.71	7.19	7.3	7.35
3	9.63	7.18	4.38	4.25	4.22	4.21
TOTAL	21.11	17.1	11.48	11.74	11.8	11.83

Anterior tipo de vehiculo

Siguiente tipo de vehiculo

Anterior

(Ventana D8)

Salir

Siguiente

Rev. 5.0

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO (O DE DAÑO RELATIVO)

CAMIÓN T3-S3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	9.9	9.18	6.71	7.19	7.3	7.35
3	14.12	8.91	6.97	7.55	7.69	7.74
TOTAL	25.6	18.84	14.08	15.04	15.27	15.36

Anterior tipo de vehiculo

Siguiente tipo de vehiculo

Anterior

(Ventana D8)

Salir

Siguiente

Rev. 5.0

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO (O DE DAÑO RELATIVO)

CAMIÓN T3-S2-R3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	9.9	9.18	6.71	7.19	7.3	7.35
3	9.29	5.36	2.69	2.36	2.29	2.26
4	5.01	5.12	5.23	5.28	5.29	5.3
5	9.29	5.36	2.69	2.36	2.29	2.26
TOTAL	35.08	25.76	17.71	17.48	17.45	17.45

Anterior tipo de vehiculo

Siguiente tipo de vehiculo

Anterior

(Ventana D8)

Salir

Siguiente

Rev. 5.0

**COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO
(O DE DAÑO RELATIVO)**

CAMIÓN T3-S2-R4

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.58	0.74	0.4	0.3	0.28	0.28
2	9.9	9.18	6.71	7.19	7.3	7.35
3	9.29	5.36	2.69	2.36	2.29	2.26
4	9.29	5.36	2.69	2.36	2.29	2.26
5	9.29	5.36	2.69	2.36	2.29	2.26
TOTAL	39.37	26	15.18	14.56	14.45	14.41

Anterior tipo de vehiculo

Siguiente tipo de vehiculo

Anterior

(Ventana D8)

Salir

Siguiente

7.2 Resultados de cálculo de espesores con Dispav 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

7.2.1 Espesores de estructura convencional para Baja California

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 1 millones de ejes estándar **Vida Previsible**

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	9.0		27000	0.35		1.2
Base granular	25	80.0	2793	0.35	4.7	
Subrasante	45	20.0	1058	0.45	2	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	1.4	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	1.4	1
Fatiga	1.2	1

La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto.
Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3 millones de ejes estándar **Vida Previsible**

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	12.0		27000	0.35		3.1
Base granular	30	80.0	2793	0.35	32.4	
Subrasante	40	20.0	1058	0.45	20.2	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	2.9	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	2.9	3
Fatiga	3.1	3

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 10 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	16.0		27000	0.35		10.3
Base granular	20	80.0	2793	0.35	> 150	
Sub-base	20	50.0	2010	0.45	139.1	
Subrasante	35	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	12.1	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	12.1	10
Fatiga	10.3	10

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 30 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	20.0		27000	0.35		27.7
Base granular	20	80.0	2793	0.35	> 150	
Sub-base	20	50.0	2010	0.45	> 150	
Subrasante	35	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	27.2	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	27.2	30
Fatiga	27.7	30

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 50 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	22.0		27000	0.35		45.1
Base granular	20	80.0	2793	0.35	> 150	
Sub-base	20	50.0	2010	0.45	> 150	
Subrasante	40	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	63	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	63	50
Fatiga	45.1	50

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones: ▼

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 100 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	25.0		27000	0.35		93.7
Base granular	20	80.0	2793	0.35	> 150	
Sub-base	25	50.0	2010	0.45	> 150	
Subrasante	35	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	107.1	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	107.1	100
Fatiga	93.7	100

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones: ▼

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 150 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	27.0		27000	0.35		141.4
Base granular	20	80.0	2793	0.35	> 150	
Sub-base	20	50.0	2010	0.45	> 150	
Subrasante	40	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	> 150	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	> 150	150
Fatiga	141.4	150

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones: ▼

7.2.2 Espesores de estructura utilizando base asfáltica para Baja California

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 10 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	5.0		27000	0.35		> 150
Base Asfáltica	15		27000	0.35		11.2
Sub-base	20	50.0	2010	0.45	10.5	
Subrasante	45	20.0	1058	0.45	62.1	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	9.9	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	9.9	10
Fatiga	11.2	10

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones: ▼

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 30 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	8.0		27000	0.35		> 150
Base Asfáltica	15		27000	0.35		28.5
Sub-base	30	50.0	2010	0.45	41.6	
Subrasante	40	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	30.1	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
--	------------------------	--------------------------

Deformación	30.1	30
--------------------	------	----

Fatiga	28.5	30
---------------	------	----

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 50 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	6.0		27000	0.35		> 150
Base Asfáltica	20		27000	0.35		59.1
Sub-base	30	50.0	2010	0.45	144.8	
Subrasante	40	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	53	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
--	------------------------	--------------------------

Deformación	53	50
--------------------	----	----

Fatiga	59.1	50
---------------	------	----

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 100 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	6.0		27000	0.35		> 150
Base Asfáltica	22		27000	0.35		96.1
Sub-base	30	50.0	2010	0.45	> 150	
Subrasante	45	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	117.3	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	117.3	100
Fatiga	96.1	100

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 150 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	6.0		27000	0.35		> 150
Base Asfáltica	24		27000	0.35		> 150
Sub-base	30	50.0	2010	0.45	> 150	
Subrasante	45	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	> 150	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	> 150	150
Fatiga	> 150	150

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

7.3 Resultados de estimación de módulo de rigidez para mezcla asfáltica elaborada en caliente para el estado de Baja California con Modulo 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Estimación del módulo de rigidez de una capa asfáltica con varios procedimientos

Método	Módulo(kg/cm ²)
Shell-Ugè	45600.0
Shell-Heukelom	90,840
Inst. Asfalto	25,353
Witzack	26,390
Inst. Transp. Texas	28,504

7.4 Análisis de estaciones climatológicas ubicadas en Baja California para el cálculo del grado PG de cementos asfálticos.

7.4.1 Municipio de Mexicali

		Prof. (H) en mm	Log. H+25						
		20	1.65321						
Municipio de Mexicali									
Estación	Nombre	Latitud	T _{air} (°C)		T _{pav} (°C)		σ _{air} Alta	σ _{air} Baja	PG
			Alta	Baja	Alta	Baja			
2033	Mexicali (Dge)	32.6633	43.2	1.3	67	0	1.434	2.706	70 -10
2034	Mexicali (Smn)	32.5500	45.8	0.0	69	0	1.912	1.768	70 -10
2134	Ejido Cuernavaca	32.5617	45.0	0.2	69	0	2.646	1.515	70 -10
2141	Compuerta Benassini	32.5703	41.0	-4.9	66	-5	2.340	2.427	70 -10
2163	Ejido Nuevo Leon (Obs)	32.4128	46.9	-1.2	70	-1	1.161	0.444	70 -10
2139	Colonia Rodriguez	32.4186	43.1	0.1	68	-1	2.610	2.192	70 -10
2011	Delta	32.3531	44.3	1.1	68	0	1.254	2.222	70 -10
2145	Rancho Williams	32.6244	47.4	-3.4	70	-3	0.976	1.111	70 -10
2037	Presa Morelos	32.7153	45.6	0.9	69	-1	1.397	2.496	70 -10
2007	Cerro Prieto(Cfe)	32.4381	47.1	0.1	70	0	1.539	0.071	70 -10
2009	Colonia Juarez	32.2986	45.7	-1.6	70	-2	2.498	1.717	70 -10
2046	San Felipe	31.0275	44.1	0.9	70	1	3.436	0.616	70 -10
2093	Ejido Valle De La Trinidad	32.3561	40.6	-5.7	65	-7	2.225	3.738	70 -10
2097	Laguna Salada	32.2239	44.3	-5.9	69	-4	2.690	1.515	70 -10
2102	La Ventana	31.4397	43.4	-1.0	68	-1	2.225	1.414	70 -10
2142	Ejido Guadalajara	32.5478	44.4	0.6	68	0	0.976	1.818	70 -10
2148	San Felipe (Obs)	31.0292	40.1	6.3	67	4	3.803	1.889	70 -10
2154	Colon la Zacatecas	32.0603	45.0	-1.0	70	-2	3.000	2.828	70 -10

ESTACIÓN		2134		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.2012	25/06/1986	47	45.0	2.6458	
		26/06/1986	47			
		27/06/1986	47			
		28/06/1986	47			
		29/06/1986	44			
		30/06/1986	41			
		07/01/1986	42			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	12/10/1985	0.0	0.1	1.5152	
		12/11/1985	0.0			
		12/12/1985	2.0			
		13/12/1985	-2.0			
		14/12/1985	-2.0			
		15/12/1985	1.0			
16/12/1985		2.0				

ESTACIÓN		2141		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	08/08/2012	48	41.0	2.3401	
		08/09/2012	43			
		08/10/2012	48			
		08/11/2012	48			
		08/12/2012	44			
		13/08/2012	49			
		14/08/2012	48			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	31/12/2010	-6.0	-4.9	1.5152	
		01/01/2011	-7.0			
		01/02/2011	-6.0			
		01/03/2011	-5.0			
		01/04/2011	-4.0			
		01/05/2011	-3.0			
01/06/2011		-3.0				

ESTACIÓN		2033		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.2012	18/06/2012	45.2	43.2	1.4344	
		19/06/2012	43.4			
		20/06/2012	43.2			
		21/06/2012	43.6			
		22/06/2012	42.8			
		23/06/2012	42.2			
		24/06/2012	41.8			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	13/01/2007	1.0	1.3	2.3234	
		14/01/2007	-2.0			
		15/01/2007	-1.0			
		16/01/2007	2.0			
		17/01/2007	-0.5			
		18/01/2007	4.5			
19/01/2007		5.0				

ESTACIÓN		2034		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	07/08/1985	47	45.8	1.9117	
		07/09/1985	43			
		07/10/1985	44			
		07/11/1985	47			
		07/12/1985	45			
		07/13/1985	46			
		07/14/1986	48.5			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	15/01/1987	0.0	0.0	1.7678	
		16/01/1987	0.0			
		17/01/1987	-2.0			
		18/01/1987	-2.5			
		19/01/1987	0.5			
		20/01/1987	4.0			
21/01/1987		0.0				

ESTACIÓN		2163		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	18/06/2008	46.8	46.9	1.1615	
		19/06/2008	47			
		20/06/2008	48.2			
		21/06/2008	48			
		22/06/2008	47.4			
		23/06/2008	45.6			
		24/06/2008	45.1			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	13/01/2007	-0.6	-1.2	0.4445	
		14/01/2007	-5.0			
		15/01/2007	-2.0			
		16/01/2007	1.5			
		17/01/2007	-2.0			
		18/01/2007	-3.0			
19/01/2007		2.5				

ESTACIÓN		2139		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	09/03/2008	40	43.1	2.6095	
		09/04/2008	48			
		09/05/2008	41			
		09/06/2008	43			
		09/07/2008	44			
		09/08/2008	44			
		09/09/2008	42			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	14/01/2012	-2.0	0.1	2.1920	
		15/01/2012	-3.0			
		16/01/2012	-3.0			
		17/01/2012	-2.0			
		18/01/2012	6.9			
		19/01/2012	1.0			
20/01/2012		2.8				

ESTACIÓN		2011		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	18/08/2008	44	44.3	1.2536	
		19/08/2008	44			
		20/08/2008	44			
		21/08/2008	44			
		22/08/2008	47			
		23/08/2008	44			
		24/08/2008	43			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	13/12/1997	-2.0	1.1	2.2223	
		14/12/1997	-1.0			
		15/12/1997	-1.0			
		16/12/1997	2.0			
		17/12/1997	4.0			
		18/12/1997	4.0			
19/12/1997		2.0				

ESTACIÓN		2145		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	17/08/2011	48	47.4	0.9759	
		18/08/2011	48			
		19/08/2011	48			
		20/08/2011	48			
		21/08/2011	48			
		22/08/2011	46			
		23/08/2011	46			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	25/12/2011	0.0	-3.4	1.1112	
		26/12/2011	-5.0			
		27/12/2011	-5.0			
		28/12/2011	-5.0			
		29/12/2011	-3.0			
		30/12/2011	-3.0			
31/12/2011		-3.0				

ESTACIÓN		2037		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.2012	08/08/2012	46	45.6	1.3973	
		08/09/2012	43			
		08/10/2012	45			
		08/11/2012	45			
		08/12/2012	47			
		13/08/2012	47			
		14/08/2012	46			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	15/01/2007	-4.0	-0.6	2.4244	
		16/01/2007	-3.0			
		17/01/2007	-2.0			
		18/01/2007	1.0			
		19/01/2007	-1.0			
		20/01/2007	2.0			
21/01/2007		3.0				

ESTACIÓN :		2007		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	28/06/1972	45	47.1	1.5392	
		29/06/1972	47			
		30/06/1972	48			
		01/07/1972	48			
		02/07/1972	47.5			
		03/07/1972	45			
		04/07/1972	49			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	24/12/1974	1.0	0.1	1.8183	
		25/12/1974	2.0			
26/12/1974		-1.0				
27/12/1974		0.5				
28/12/1974		-1.5				
29/12/1974		-2.5				
30/12/1974		2.0				

ESTACIÓN :		2009		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	21/06/1990	45	45.7	2.4976	
		22/06/1990	43			
		23/06/1990	43			
		24/06/1990	46			
		25/06/1990	49			
		26/06/1990	49			
		27/06/1990	45			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	16/01/1987	2.0	-1.6	1.7173	
		17/01/1987	-1.0			
		18/01/1987	-2.0			
		19/01/1987	-4.0			
		20/01/1987	-2.0			
		21/01/1987	-1.0			
22/01/1987		-3.0				

ESTACIÓN :		2046		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	10/08/2007	39	44.1	3.4365	
		11/08/2007	41			
		12/08/2007	43			
		13/08/2007	45			
		14/08/2007	47			
		15/08/2007	49			
		16/08/2007	45			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	21/01/1995	2.0	0.9	0.6162	
		22/01/1995	1.0			
		23/01/1995	1.0			
		24/01/1995	0.0			
		25/01/1995	1.0			
		26/01/1995	1.0			
27/01/1995		0.1				

ESTACIÓN		2093		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	30/06/2007	38	40.6	2.2254	
		01/07/2007	39			
		02/07/2007	41			
		03/07/2007	42			
		04/07/2007	43			
		05/07/2007	43			
		06/07/2007	38			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	14/01/2007	-9.0	-5.7	3.7376	
		15/01/2007	-6.0			
		16/01/2007	-1.0			
		17/01/2007	-11.0			
		18/01/2007	-6.0			
		19/01/2007	-4.0			
20/01/2007		-3.0				

ESTACIÓN :		2097		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	19/07/1987	45	44.3	2.6904	
		20/07/1987	46			
		21/07/1987	41			
		22/07/1987	46			
		23/07/1987	41			
		24/07/1987	48			
		25/07/1987	43			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	09/12/1989	-8.0	-5.9	1.5152	
		10/12/1989	-8.0			
		11/12/1989	-8.0			
		12/12/1989	-5.0			
		13/12/1989	-4.0			
		14/12/1989	-3.0			
15/12/1989		-5.0				

ESTACIÓN :		2142		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	01/07/1985	45	44.4	0.9759	
		02/07/1985	44			
		03/07/1985	43			
		04/07/1985	44			
		05/07/1985	46			
		06/07/1985	44			
		07/07/1985	45			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	26/12/1982	2.0	0.6	1.8183	
		27/12/1982	-1.0			
		28/12/1982	3.0			
		29/12/1982	1.0			
		30/12/1982	0.0			
		31/12/1982	1.0			
01/01/1983		-2.0				

ESTACIÓN :		2102		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	23/08/1998	40	43.4	2.2254	
		24/08/1998	42			
		25/08/1998	43			
		26/08/1998	44			
		27/08/1998	43			
		28/08/1998	45			
		29/08/1998	47			
			Promedio	Desv. Estd.		
	Temperatura de los 7 días, Min.	15/01/1987	0.0	-1.0	1.4142	
		16/01/1987	-1.0			
		17/01/1987	-3.0			
		18/01/1987	-2.0			
		19/01/1987	0.0			
		20/01/1987	0.0			
21/01/1987		-1.0				

ESTACIÓN : 2154			Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	25/06/2011	45	45.0	3.0000
		26/06/2011	44		
		27/06/2011	46		
		28/06/2011	40		
		29/06/2011	44		
		01/07/2011	46		
		02/07/2011	50		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	24/01/1991	-3.0	-1.0	2.8284
		25/01/1991	-1.0		
		26/01/1991	1.0		
		27/01/1991	1.0		
		28/01/1991	2.0		
		29/01/1991	-5.0		
30/01/1991		-2.0			

ESTACIÓN : 2148			Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	02/09/2010	44.2	40.1	3.8030
		03/09/2010	44.6		
		04/09/2010	41.5		
		05/09/2010	41.5		
		06/09/2010	37.7		
		07/09/2010	36.8		
		08/09/2010	34.7		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	14/01/2007	-1.2	1.5	1.8890
		15/01/2007	1.5		
		16/01/2007	3.0		
		17/01/2007	1.5		
		18/01/2007	1.0		
		19/01/2007	2.5		
20/01/2007		2.0			

7.4.2 Municipio de Tecate

Prof. (H) en mm	Log. H+25
20	1.65321

Municipio de Tecate									
Estación	Nombre	Latitud	T _{air} (°C)		T _{pav} (°C)		σ air		PG
			Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	
2030	La Puerta	32.5439	41.3	-1.6	65	-1	1.496	1.902	70 -10
2069	Valle De Las Palmas	32.3703	42.7	-2.9	67	-2	1.799	1.773	70 -10
2114	Ejido Carmen Serdan	32.2436	45.0	-3.3	69	-2	2.268	1.380	70 -10
2121	El Hongo	32.5164	39.4	-3.9	66	-3	4.577	1.464	70 -10
2124	El Carrizo 2	32.4906	40.6	2.3	65	2	0.787	0.488	70 -10

ESTACIÓN :		2030		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	31/08/2006	40.0	41.3	1.4960	
		01/09/2006	41.0			
		02/09/2006	42.0			
		03/09/2006	43.0			
		04/09/2006	43.0			
		05/09/2006	41.0			
		06/09/2006	39.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	13/01/2007	-3.0	-1.6	1.9024	
		14/01/2007	0.0			
		15/01/2007	1.0			
		16/01/2007	0.0			
		17/01/2007	-2.0			
		18/01/2007	-4.0			
19/01/2007		-3.0				

ESTACIÓN :		2069		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	02/07/2006	42.0	42.7	1.7995	
		03/07/2006	43.0			
		04/07/2006	44.0			
		05/07/2006	44.0			
		06/07/2006	45.0			
		07/07/2006	41.0			
		08/07/2006	40.0			
						Promedio
	Temperatura de los 7 días, Min.	26/01/2002	-4.0	-2.9	1.7728	
		27/01/2002	-3.0			
		28/01/2002	-4.0			
		29/01/2002	1.0			
		30/01/2002	-3.0			
		31/01/2002	-4.0			
01/02/2002	-3.0					

ESTACIÓN :		2114		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	24/08/1994	45.0	44.1	2.2678	
		25/08/1994	43.0			
		26/08/1994	46.0			
		27/08/1994	40.0			
		28/08/1994	46.0			
		29/08/1994	46.0			
		30/08/1994	43.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	02/01/2004	-5.0	-3.3	1.3801	
		03/01/2004	-1.0			
		04/01/2004	-4.0			
		05/01/2004	-4.0			
		06/01/2004	-3.0			
		07/01/2004	-4.0			
08/01/2004		-2.0				

ESTACIÓN :		2121		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	12/07/1998	38.0	39.4	4.5774	
		13/07/1998	35.0			
		14/07/1998	34.0			
		15/07/1998	37.0			
		16/07/1998	42.0			
		17/07/1998	45.0			
		18/07/1998	45.0			
						Promedio
	Temperatura de los 7 días, Min.	30/12/2010	-2.0	-3.9	1.4639	
		31/12/2010	-3.0			
		01/01/2011	-5.0			
		02/01/2011	-5.0			
		03/01/2011	-5.0			
		04/01/2011	-5.0			
05/01/2011	-2.0					

ESTACIÓN :		2124		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	23/08/2000	39.0	40.6	0.7868	
		24/08/2000	41.0			
		25/08/2000	41.0			
		26/08/2000	41.0			
		27/08/2000	40.0			
		28/08/2000	41.0			
		29/08/2000	41.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	31/12/2010	2.0	2.3	0.4880	
		01/01/2011	2.0			
		02/01/2011	2.0			
		03/01/2011	2.0			
		04/01/2011	3.0			
		05/01/2011	2.0			
06/01/2011	3.0					

7.4.3 Municipio de Ensenada

		Prof. (H) en mm		Log. H+25					
		20		1.653213					
Municipio de Ensenada									
Estación	Nombre	Latitud	T _{air} (°C)		T _{pav} (°C)		σ air Alta	σ air Baja	PG
			Alta	Baja	Alta	Baja			
2001	Aguacaliente	32.1075	40.7	-1	65	-1	2.628	2.056	70 -10
2002	Bahia De Los Angeles	28.6039	43.1	3	67	4	0.900	0.976	70 -10
2004	Ignacio Zaragoza -Belen-	32.1953	40.3	-3	65	-2	2.215	1.574	70 -10
2005	Boquilla Santa Rosa De La Mision	32.0217	36.9	1	62	1	2.035	2.138	64 -10
2006	Chapala	29.4881	45.6	-3	70	-2	2.573	2.160	70 -10
2012	Ejido Jose Maria Morelos	28.3000	32.7	-1	60	0	2.430	2.870	64 -10
2015	El Arco	28.0286	37.6	2	63	3	1.512	1.350	64 -10
2016	El Barril	28.3030	43.1	6	67	6	1.170	0.699	70 -10
2022	El Rosario	30.0594	38.9	1	64	2	1.952	0.976	64 -10
2025	Ensenada (Obs)	31.8578	32.3	-1	59	-1	2.812	1.835	64 -10
2032	Las Escobas	30.5794	36.3	1	61	1	0.488	1.902	64 -10
2040	Rancho Alegre	28.2286	37.3	-3	63	-1	1.380	1.113	64 -10
2041	Nuevo Rosarito	28.6344	37.7	-1	63	1	1.799	1.215	64 -10
2043	San Agustín	29.9375	41.1	-3	66	-2	1.464	1.496	70 -10
2044	San Borja	28.7353	40.0	1	65	2	1.291	0.976	70 -10
2058	Santa Catarina Sur	29.7219	43.6	-2	67	-1	1.397	0.951	70 -10
2060	Santa Cruz	30.8786	36.4	-3	62	-1	1.427	0.976	64 -10
2063	Santa Maria Del Mar	30.4017	36.1	-2	62	-1	3.065	0.988	64 -10
2072	Presa Emilio Lopez Zamora	31.8958	33.6	2	62	2	5.216	1.835	64 -10
2076	Las Palomas	28.2383	28.0	0	52	1	1.155	0.378	52 -10
2077	La Mision	32.1019	32.9	0	59	0	2.035	1.976	64 -10
2084	El Progreso	29.9675	43.0	-3	67	-1	1.000	1.732	70 -10
2085	San Regis	28.5972	41.6	0	66	1	0.535	3.026	70 -10
2089	Ejido Emilio Lopez Zamora	31.1042	36.1	1	61	1	0.900	2.160	64 -10
2091	Ejido Ignacio Lopez Rayon	31.2878	39.0	-2	64	-1	2.517	0.756	64 -10
2092	Ejido San Matias	31.3314	47.7	-2	70	-1	1.254	1.496	70 -10
2106	Maneadero	31.6956	32.2	4	58	3	1.776	2.000	58 -10
2108	Punta Banda	31.7139	28.3	2	55	2	1.704	1.512	58 -10
2109	Santa Rosalita	28.6681	32.0	3	59	3	1.414	0.951	64 -10
2118	Valle De San Rafael	31.9189	47.1	-1	70	-1	2.628	2.056	70 -10
2153	Ejido Uruapan	31.6186	35.4	-3	61	-2	2.699	1.864	64 -10
2156	El Florido	32.4722	42.1	0	67	0	3.061	3.873	70 -10
2165	Mesa De San Jasinto	30.8844	36.1	7	63	6	3.436	1.134	64 -10

ESTACIÓN :		2001		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	17/06/08	39.0	40.7	2.6277
		18/06/08	39.0		
		19/06/08	40.0		
		20/06/08	43.0		
		21/06/08	44.0		
		22/06/08	43.0		
		23/06/08	37.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	25/12/87	-4.0	-1.4	2.0558
		26/12/87	-4.0		
		27/12/87	-2.0		
		28/12/87	-1.0		
		29/12/87	0.0		
		30/12/87	1.0		
		31/12/87	0.5		

ESTACIÓN:		2002		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	22/08/2009	44.0	43.1	0.8997
		23/08/2009	44.0		
		24/08/2009	42.0		
		25/08/2009	44.0		
		26/08/2009	43.0		
		27/08/2009	42.0		
		28/08/2009	43.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	18/01/2007	5.0	3.4	0.9759
		19/01/2007	2.0		
		20/01/2007	3.0		
		21/01/2007	3.0		
		22/01/2007	3.0		
		23/01/2007	4.0		
		24/01/2007	4.0		

ESTACIÓN:		2004		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	29/08/2009	44.0	40.3	2.2147	
		30/08/2009	42.0			
		31/08/2009	40.0			
		01/09/2009	39.0			
		02/09/2009	37.0			
		03/09/2009	40.0			
		04/09/2009	40.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	27/11/2010	-5.0	-3.1	1.5736	
		28/11/2010	-4.0			
		29/11/2010	-3.0			
		30/11/2010	-4.0			
		01/12/2010	-3.0			
		02/12/2010	-3.0			
03/12/2010		0.0				

ESTACIÓN :		2005		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	29/09/1987	35.0	36.9	2.0354	
		30/09/1987	37.0			
		01/10/1987	37.0			
		02/10/1987	35.0			
		03/10/1987	40.0			
		04/10/1987	39.0			
		05/10/1987	35.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	29/11/2004	3.0	1.3	2.1381	
		30/11/2004	0.0			
		01/12/2004	0.0			
		02/12/2004	-1.0			
		03/12/2004	0.0			
		04/12/2004	2.0			
05/12/2004		5.0				

ESTACIÓN:		2006		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	12/08/2012	42.0	45.6	2.5728	
		13/08/2012	45.0			
		14/08/2012	47.0			
		15/08/2012	48.0			
		16/08/2012	49.0			
		17/08/2012	45.0			
		18/08/2012	43.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	28/12/2010	-2.0	-3.0	2.1602	
		29/12/2010	-4.0			
		30/12/2010	-6.0			
		31/12/2010	-5.0			
		01/01/2011	-3.0			
		02/01/2011	0.0			
03/01/2011		-1.0				

ESTACIÓN:		2012		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	19/09/1992	36.0	32.7	2.4300	
		20/09/1992	34.0			
		21/09/1992	34.0			
		22/09/1992	34.0			
		23/09/1992	31.0			
		24/09/1992	31.0			
		25/09/1992	29.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	20/01/2006	0.0	-0.7	2.8702	
		21/01/2006	-2.0			
		22/01/2006	-4.0			
		23/01/2006	-2.0			
		24/01/2006	5.0			
		25/01/2006	-2.0			
26/01/2006		0.0				

ESTACIÓN:		2015		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	25/07/1998	37.0	37.6	1.5119	
		26/07/1998	39.0			
		27/07/1998	38.0			
		28/07/1998	40.0			
		29/07/1998	37.0			
		30/07/1998	36.0			
		31/07/1998	36.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	21/01/2002	1.0	1.8	1.3496	
		22/01/2002	4.0			
		23/01/2002	2.0			
		24/01/2002	0.0			
		25/01/2002	1.0			
		26/01/2002	3.0			
27/01/2002		1.5				

ESTACIÓN :		2016		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	22/07/2002	43.0	43.1	1.1701	
		23/07/2002	42.0			
		24/07/2002	44.0			
		25/07/2002	43.5			
		26/07/2002	41.0			
		27/07/2002	44.0			
		28/07/2002	44.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	05/01/2000	6.0	6.2	0.6986	
		06/01/2000	7.5			
		07/01/2000	6.0			
		08/01/2000	5.5			
		09/01/2000	5.5			
		10/01/2000	6.5			
11/01/2000		6.5				

ESTACIÓN:		2022		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	10/08/2003	42.0	38.9	1.9518
		11/08/2003	41.0		
		12/08/2003	39.0		
		13/08/2003	38.0		
		14/08/2003	38.0		
		15/08/2003	37.0		
		16/08/2003	37.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	09/12/2003	1.0	1.4	0.9759
		10/12/2003	1.0		
		11/12/2003	3.0		
		12/12/2003	2.0		
		13/12/2003	1.0		
		14/12/2003	0.0		
		15/12/2003	2.0		
		Promedio	Desv. Estd.		

ESTACIÓN :		2025		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	25/08/2009	29.0	32.3	2.8115
		26/08/2009	31.0		
		27/08/2009	37.0		
		28/08/2009	35.0		
		29/08/2009	32.0		
		30/08/2009	32.0		
		31/08/2009	30.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	14/01/2007	0.0	1.9	1.8355
		15/01/2007	0.0		
		16/01/2007	1.0		
		17/01/2007	2.0		
		18/01/2007	5.0		
		19/01/2007	2.0		
		20/01/2007	3.5		
		Promedio	Desv. Estd.		

ESTACIÓN:		2032		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	25/08/2009	36.0	36.3	0.4880
		26/08/2009	36.0		
		27/08/2009	37.0		
		28/08/2009	37.0		
		29/08/2009	36.0		
		30/08/2009	36.0		
		31/08/2009	36.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	03/09/2009	-2.0	0.6	1.9024
		04/09/2009	-1.0		
		05/09/2009	3.0		
		06/09/2009	1.0		
		07/09/2009	2.0		
		08/09/2009	2.0		
		09/09/2009	-1.0		
		Promedio	Desv. Estd.		

ESTACIÓN:		2040		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	25/08/2001	35.0	37.3	1.3801
		26/08/2001	39.0		
		27/08/2001	38.0		
		28/08/2001	38.0		
		29/08/2001	38.0		
		30/08/2001	37.0		
		31/08/2001	36.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	04/01/2009	-2.0	-2.7	1.1127
		05/01/2009	-3.0		
		06/01/2009	-2.0		
		07/01/2009	-3.0		
		08/01/2009	-5.0		
		09/01/2009	-2.0		
		10/01/2009	-2.0		
		Promedio	Desv. Estd.		

ESTACIÓN:		2041		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	28/08/2009	40.0	37.7	1.7995
		29/08/2009	39.0		
		30/08/2009	38.0		
		31/08/2009	36.0		
		01/09/2009	35.0		
		02/09/2009	39.0		
		03/09/2009	37.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	21/01/1997	0.0	-0.9	1.2150
		22/01/1997	-2.0		
		23/01/1997	-2.0		
		24/01/1997	-2.0		
		25/01/1997	-1.0		
		26/01/1997	1.0		
		27/01/1997	0.0		
		Promedio	Desv. Estd.		

ESTACIÓN:		2043		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	03/08/1995	42.0	41.1	1.4639
		04/08/1995	44.0		
		05/08/1995	40.0		
		06/08/1995	41.0		
		07/08/1995	40.0		
		08/08/1995	41.0		
		09/08/1995	40.0		
	Temperatura de los 7 días, Min.	18/01/2007	-3.0	-3.3	1.4960
		19/01/2007	-4.0		
		20/01/2007	-5.0		
		21/01/2007	-3.0		
		22/01/2007	-2.0		
		23/01/2007	-1.0		
		24/01/2007	-5.0		
		Promedio	Desv. Estd.		

ESTACIÓN:		2044		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	09/08/2003	40.0	40.0	1.2910	
		10/08/2003	41.0			
		11/08/2003	42.0			
		12/08/2003	40.0			
		13/08/2003	40.0			
		14/08/2003	38.0			
		15/08/2003	39.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	15/01/2007	2.0	1.4	0.9759	
		16/01/2007	3.0			
		17/01/2007	1.0			
		18/01/2007	1.0			
		19/01/2007	2.0			
		20/01/2007	1.0			
21/01/2007		0.0				

ESTACIÓN:		2058		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	17/08/1997	43.0	43.6	1.3973	
		18/08/1997	43.0			
		19/08/1997	44.0			
		20/08/1997	45.0			
		21/08/1997	44.0			
		22/08/1997	45.0			
		23/08/1997	41.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	07/12/1999	-2.0	-2.3	0.9512	
		08/12/1999	-2.0			
		09/12/1999	-1.0			
		10/12/1999	-3.0			
		11/12/1999	-4.0			
		12/12/1999	-2.0			
13/12/1999		-2.0				

ESTACIÓN:		2060		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	31/07/1998	39.0	36.4	1.4268	
		01/08/1998	35.0			
		02/08/1998	35.5			
		03/08/1998	37.0			
		04/08/1998	36.5			
		05/08/1998	37.0			
		06/08/1998	35.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	17/01/1987	-3.0	-2.6	0.9759	
		18/01/1987	-2.0			
		19/01/1987	-1.0			
		20/01/1987	-3.0			
		21/01/1987	-4.0			
		22/01/1987	-2.0			
23/01/1987		-3.0				

ESTACIÓN:		2063		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	23/03/2011	39.0	36.1	3.0648	
		24/03/2011	39.5			
		25/03/2011	35.5			
		26/03/2011	36.5			
		27/03/2011	34.5			
		28/03/2011	37.5			
		29/03/2011	30.5			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	09/12/2003	-1.0	-1.9	0.9880	
		10/12/2003	-3.5			
		11/12/2003	-1.0			
		12/12/2003	-2.5			
		13/12/2003	-1.5			
		14/12/2003	-2.5			
15/12/2003		-1.0				

ESTACIÓN :		2072		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	01/05/2004	28.5	33.6	5.2156	
		02/05/2004	40.0			
		03/05/2004	40.0			
		04/05/2004	35.0			
		05/05/2004	33.0			
		06/05/2004	32.0			
		07/05/2004	26.5			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	10/05/2004	0.0	1.9	1.8355	
		11/05/2004	0.0			
		12/05/2004	1.0			
		13/05/2004	2.0			
		14/05/2004	5.0			
		15/05/2004	2.0			
16/05/2004		3.5				

ESTACIÓN:		2076		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	04/07/2011	27.0	28.0	1.1547	
		05/07/2011	28.0			
		06/07/2011	29.0			
		07/07/2011	27.0			
		08/07/2011	28.0			
		09/07/2011	30.0			
		10/07/2011	27.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	25/01/2007	1.0	0.1	0.3780	
		26/01/2007	0.0			
		27/01/2007	0.0			
		28/01/2007	0.0			
		29/01/2007	0.0			
		30/01/2007	0.0			
31/01/2007		0.0				

ESTACIÓN :		2077		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	29/08/2007	29.0	32.9	2.0354
		30/08/2007	32.0		
		31/08/2007	35.0		
		01/09/2007	33.0		
		02/09/2007	33.0		
		03/09/2007	35.0		
		04/09/2007	33.0		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	23/12/2011	-2.0	0.3	1.9760
		24/12/2011	0.0		
25/12/2011		-1.0			
26/12/2011		3.0			
27/12/2011		-1.0			
28/12/2011		3.0			
29/12/2011		0.0			

ESTACIÓN:		2084		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	17/08/2000	43.0	43.0	1.0000
		18/08/2000	44.0		
		19/08/2000	43.0		
		20/08/2000	44.0		
		21/08/2000	43.0		
		22/08/2000	43.0		
		23/08/2000	41.0		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	25/03/2008	-3.0	-3.0	1.7321
		26/03/2008	-3.0		
27/03/2008		-4.0			
28/03/2008		-1.0			
29/03/2008		-1.0			
30/03/2008		-3.0			
31/03/2008		-6.0			

ESTACIÓN:		2085		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	24/08/2001	41.0	41.6	0.5345
		25/08/2001	42.0		
		26/08/2001	42.0		
		27/08/2001	41.0		
		28/08/2001	42.0		
		29/08/2001	42.0		
		30/08/2001	41.0		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	15/02/1990	0.5	0.2	3.0257
		16/02/1990	-2.0		
17/02/1990		-3.0			
18/02/1990		-2.0			
19/02/1990		6.0			
20/02/1990		1.0			
21/02/1990		1.0			

ESTACIÓN:		2089		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	14/07/1985	36.0	36.1	0.8997
		15/07/1985	37.0		
		16/07/1985	37.0		
		17/07/1985	35.0		
		18/07/1985	37.0		
		19/07/1985	36.0		
		20/07/1985	35.0		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	14/10/1999	1.0	1.0	2.1602
		15/10/1999	-2.0		
16/10/1999		2.0			
17/10/1999		3.0			
18/10/1999		3.0			
19/10/1999		-2.0			
20/10/1999		2.0			

ESTACIÓN:		2091		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	26/09/1992	36.0	39.0	2.5166
		27/09/1992	40.0		
		28/09/1992	40.0		
		29/09/1992	43.0		
		30/09/1992	40.0		
		01/10/1992	38.0		
		02/10/1992	36.0		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	15/12/2005	-2.0	-2.3	0.7559
		16/12/2005	-2.0		
17/12/2005		-2.0			
18/12/2005		-2.0			
19/12/2005		-2.0			
20/12/2005		-2.0			
21/12/2005		-4.0			

ESTACIÓN :		2092		Promedio	Desv. Estd.
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	29/06/2007	46.0	47.7	1.2536
		30/06/2007	48.0		
		01/07/2007	46.0		
		02/07/2007	48.0		
		03/07/2007	49.0		
		04/07/2007	48.0		
		05/07/2007	49.0		
				Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	12/12/1992	-1.0	-2.3	1.4960
		13/12/1992	0.0		
14/12/1992		-4.0			
15/12/1992		-3.0			
16/12/1992		-2.0			
17/12/1992		-2.0			
18/12/1992		-4.0			

ESTACIÓN :		2106		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	25/04/2008	30.0	32.2	1.7762	
		26/04/2008	32.0			
		27/04/2008	34.5			
		28/04/2008	33.0			
		29/04/2008	34.0			
		30/04/2008	32.0			
		01/05/2008	30.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	16/01/2008	4.0	3.5	2.0000	
		17/01/2008	1.0			
18/01/2008		2.5				
19/01/2008		2.5				
20/01/2008		2.5				
21/01/2008		5.0				
22/01/2008		7.0				

ESTACIÓN :		2108		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	05/09/2012	26.0	28.3	1.7043	
		06/09/2012	30.0			
		07/09/2012	31.0			
		08/09/2012	28.0			
		09/09/2012	27.0			
		10/09/2012	28.0			
		11/09/2012	28.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	08/12/2011	1.0	2.4	1.5119	
		09/12/2011	1.0			
10/12/2011		1.0				
11/12/2011		2.0				
12/12/2011		4.0				
13/12/2011		4.0				
14/12/2011		4.0				

ESTACIÓN:		2109		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	06/09/1982	33.0	32.0	1.4142	
		07/09/1982	33.0			
		08/09/1982	34.0			
		09/09/1982	32.0			
		10/09/1982	31.0			
		11/09/1982	30.0			
		12/09/1982	31.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	28/12/1982	2.0	2.7	0.9512	
		29/12/1982	3.0			
30/12/1982		3.0				
31/12/1982		3.0				
01/01/1983		1.0				
02/01/1983		4.0				
03/01/1983		3.0				

ESTACIÓN :		2118		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	17/06/2008	48.0	47.1	1.7728	
		18/06/2008	46.0			
		19/06/2008	48.0			
		20/06/2008	49.0			
		21/06/2008	45.0			
		22/06/2008	49.0			
		23/06/2008	45.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	27/01/1999	1.0	-2.9	1.9518	
		28/01/1999	-4.0			
29/01/1999		-3.0				
01/02/1999		-4.0				
02/02/1999		-3.0				
03/02/1999		-5.0				
04/02/1999		-2.0				

ESTACIÓN :		2153		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	18/08/1997	36.0	35.4	2.6992	
		19/08/1997	40.0			
		20/08/1997	36.0			
		21/08/1997	34.0			
		22/08/1997	37.0			
		23/08/1997	32.0			
		24/08/1997	33.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	14/01/2007	-5.0	-3.1	1.8645	
		15/01/2007	-4.0			
16/01/2007		-4.0				
17/01/2007		-2.0				
18/01/2007		-2.0				
19/01/2007		-5.0				
20/01/2007		0.0				

ESTACIÓN :		2156		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	17/06/2008	38.0	42.1	3.0609	
		18/06/2008	41.0			
		19/06/2008	43.0			
		20/06/2008	45.0			
		21/06/2008	46.0			
		22/06/2008	43.0			
		23/06/2008	38.5			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	25/12/2012	-2.0	0.0	3.8730	
		26/12/2012	-2.0			
27/12/2012		-2.0				
28/12/2012		-3.0				
29/12/2012		-2.0				
30/12/2012		7.0				
31/12/2012		4.0				

ESTACIÓN:		2165		Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	27/08/2009	36.0	36.1	3.4365	
		28/08/2009	40.0			
		29/08/2009	38.0			
		30/08/2009	37.0			
		31/08/2009	39.0			
		01/09/2009	32.0			
		02/09/2009	31.0			
					Promedio	Desv. Estd.
	Temperatura de los 7 días, Min.	11/02/2009	7.0	7.4	1.1339	
		12/02/2009	6.0			
13/02/2009		8.0				
14/02/2009		8.0				
15/02/2009		6.0				
16/02/2009		9.0				
17/02/2009		8.0				

7.4.4 Municipio de Tijuana

Municipio de Tijuana									
Estación	Nombre	Latitud	T _{air} (°C)		T _{pav} (°C)		σ _{air}	σ _{air}	PG
			Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	
2038	Presa Rodriguez	32.04469	38.4	2.7	63	2	1.813	0.556	64 -10

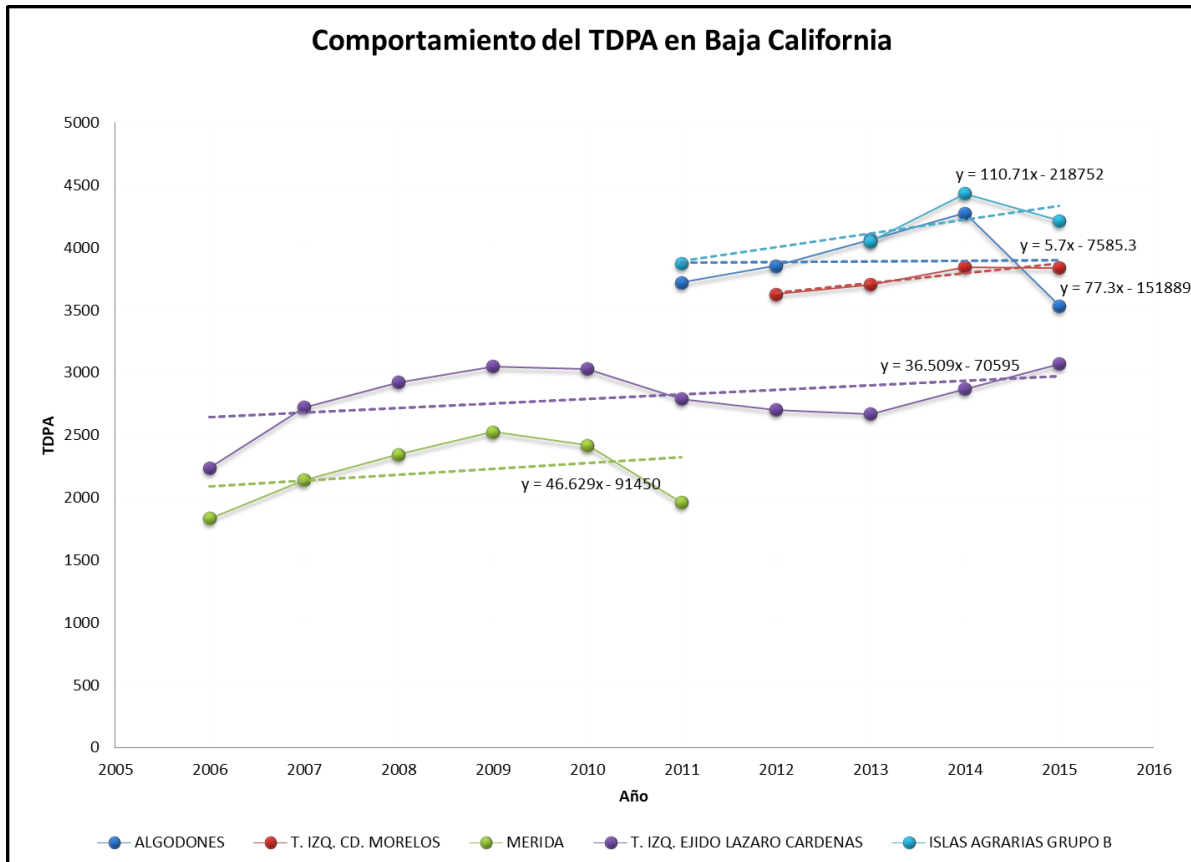
Prof. (H) en mm	Log. H+25
20	1.65321

ESTACIÓN : 2038			Promedio	Desv. Estd.	
Temperatura promedio de días consecutivos	Temperatura de los 7 días, Max.	27/08/2009	36	38.4	1.8127
		28/08/2009	40		
		29/08/2009	39		
		30/08/2009	40		
		31/08/2009	40		
		01/09/2009	36		
		02/09/2009	38		
	Temperatura de los 7 días, Min.	14/01/2007	0.0	2.7	0.5556
		15/01/2007	4.0		
		16/01/2007	3.5		
		17/01/2007	2.0		
		18/01/2007	3.0		
		19/01/2007	3.5		
		20/01/2007	3.0		

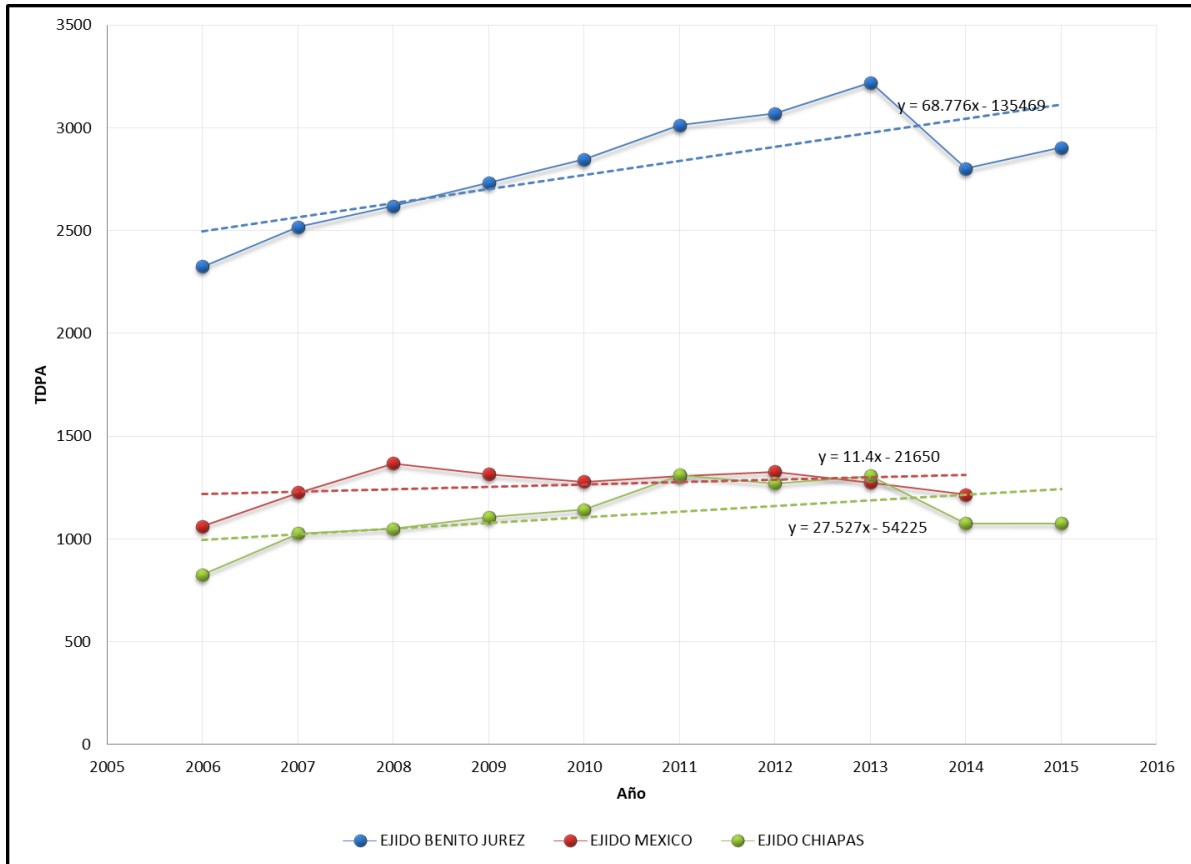
NOTA: El municipio de Rosarito presenta 3 estaciones climatológicas (2042, 2017 y 2143) las cuales fueron descartadas del análisis de temperaturas, por ser estaciones fuera de servicio con datos anteriores a 1997.

7.5 Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular

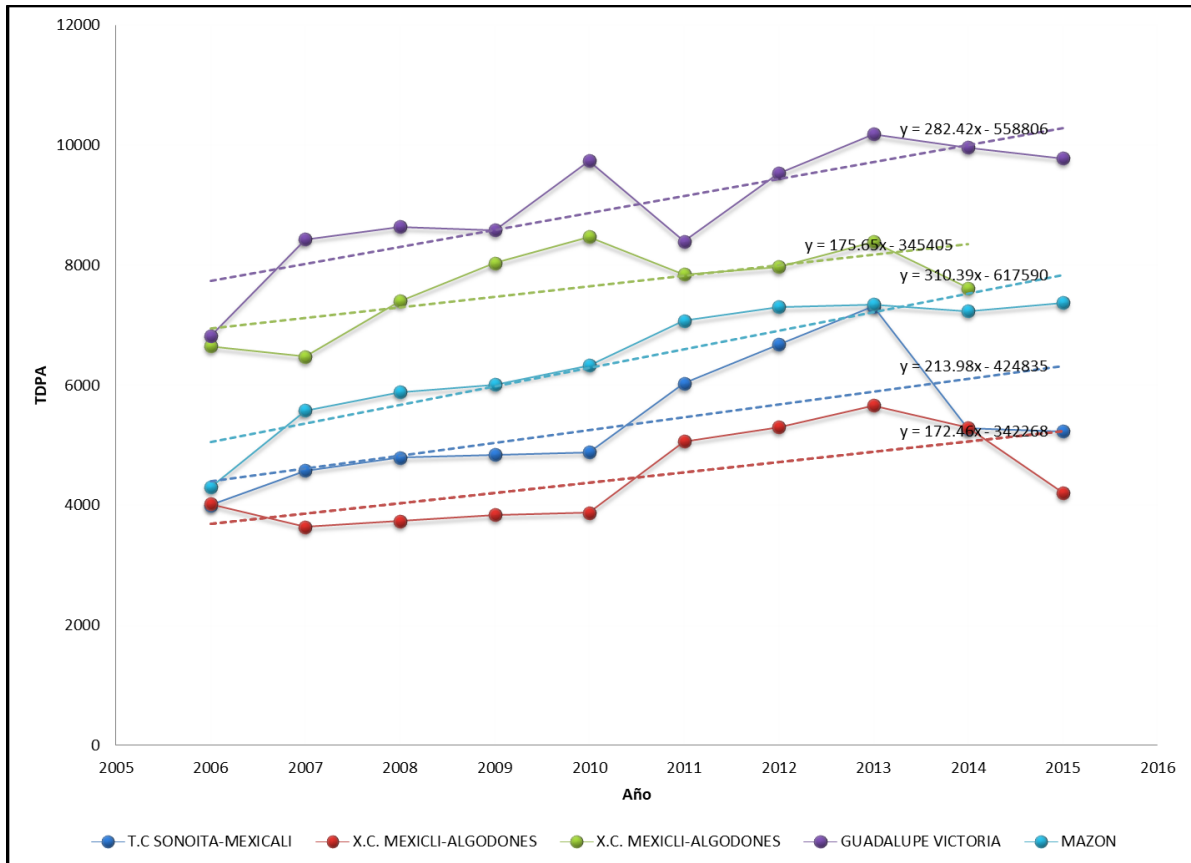
LUGAR	2006			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Año	Año	No.	TDPA	TDPA	T.C PROM %	
	ESTACION			TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	INI	FINAL	Años	INI	FINAL		
	KM	TE	SC																
ALGODONES	0.00	3	0	4494	5497	6027	6145	5463	3718	3852	4064	4275	3535	2011	2015	5	3877.4	3900.2	0.1
T. IZQ. CD. MORELOS	14.00	1	0	4319	5019	5589	5561	5828	3723	3627	3706	3846	3838	2011	2015	5	3561.3	3870.5	1.7
MERIDA	20.30	3	0	1834	2141	2344	2526	2416	1959	2026	2022	2088	2120	2006	2015	10	2087.77	2507.44	1.8
T. IZQ. EJIDO LAZARO CARDENAS	31.50	1	0	2237	2723	2922	3049	3028	2792	2701	2673	2872	3071	2006	2015	10	2642.05	2970.63	1.2
ISLAS AGRARIAS GRUPO B	55.50	1	0	4173	4688	5117	5127	5361	3876		4049	4432	4216	2011	2015	5	3885.81	4328.65	2.2



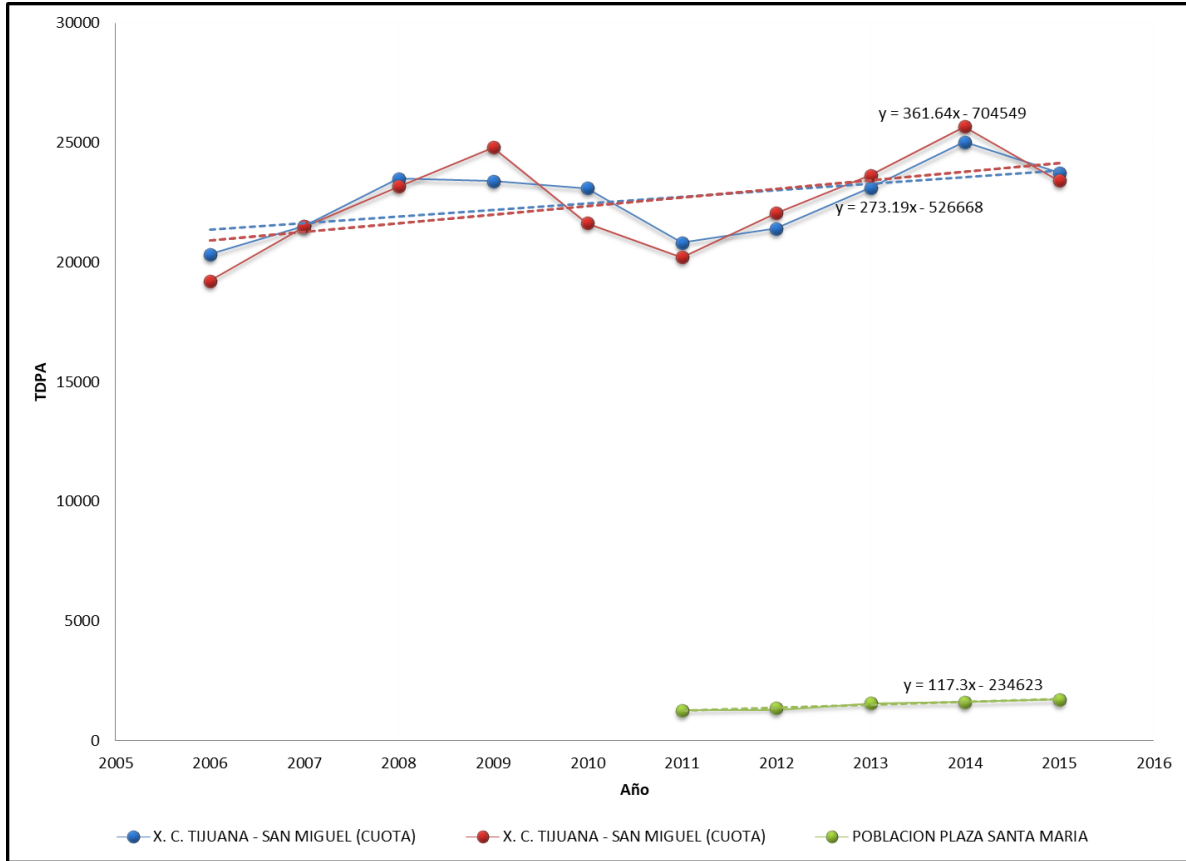
LUGAR	2006			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Año	Año	No.	TDPA	TDPA	T.C PROM %	
	ESTACION			TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	INI	FINAL	Años	INI	FINAL		
	KM	TE	SC	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	INI	FINAL	Años	INI	FINAL		
EJIDO BENITO JUREZ	0.00	3	0	2326	2518	2619	2733	2844	3011	3068	3219	2800	2904	2006	2015	10	2495.66	3114.64	2.2
EJIDO MEXICO	7.00	1	0	1061	1226	1368	1315	1280	1309	1328	1276	1216	1032	2006	2015	10	1218.4	1321	0.8
EJIDO CHIAPAS	10.56	1	0	825	1027	1049	1106	1143	1310	1270	1307	1076	1075	2006	2015	10	994.162	1241.91	2.2



LUGAR	2006			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Año	Año	No.	TDPA	TDPA	T.C PROM %	
	ESTACION			TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	INI	FINAL	Años	INI	FINAL		
	KM	TE	SC	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA							
T.C SONOITA-MEXICALI	0.00	3	0	3998	4578	4792	4842	4881	6034	6677	7314	5280	5234	2006	2015	10	4409	6335	3.7
X.C. MEXICLI-ALGODONES	15.16	2	0	4022	3640	3736	3838	3877	5064	5303	5659	5295	4208	2006	2015	10	3687	5239	3.6
X.C. MEXICLI-ALGODONES	15.16	3	0	6650	6479	7402	8036	8472	7850	7968	8386	7618	6691	2006	2015	10	6949	8530	2.1
GUADALUPE VICTORIA	30.47	1	0	6816	8436	8641	8588	9740	8398	9528	10185	9958	9788	2006	2015	10	7729	10270	2.9
MAZON	35.00	1	0	4297	5579	5892	6010	6334	7076	7301	7346	7240	7375	2006	2015	10	5052	7846	4.5



LUGAR	2006			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Año	Año	No.	TDPA	TDPA	T.C PROM %	
	ESTACION			TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	INI	FINAL	Años	INI	FINAL		
	KM	TE	SC	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	TDPA	INI	FINAL	Años	INI	FINAL		
X. C. TIJUANA - SAN MIGUEL (CUOTA)	22.00	1	1	20329	21502	23493	23395	23087	20813	21411	23098	25021	23734	2006	2015	10	21351.1	23809.9	1.1
X. C. TIJUANA - SAN MIGUEL (CUOTA)	22.00	1	2	19217	21506	23156	24813	21652	20213	22045	23638	25669	23424	2006	2015	10	20900.8	24155.6	1.5
POBLACION PLAZA SANTA MARIA	56.98	1	0	2766	3231	3289	3411	3606	1264	1357	1559	1606	1726	2011	2015	5	1267.3	1736.5	6.5



T.C total prom. **2.2**

T.C total prom con 10 años **2.3**

T.C total prom con 5 años **2.6**

Redondeado al entero superior **3.0**

8 Bibliografía

- Alfonso Rico Rodriguez, R. T. (1998). *Pavimentos Flexibles. Problematica, Metodologias de Diseño y Tendencias*. San Fandila: IMT.
- Arriaga, G. J. (Mayo de 2015). Diseño del Pavimento Para La Carretera Acapulco San Marcos. Ciudad de México, México: ESIA IPN.
- FHWA. (1995). *Pavements and size and wight regulations*. Columbus Ohio: US Department of Transportation.
- G. Valdés, F. P. (2012). Influencia de la temperatura y tipo de mezcla asfaltica en el comportamiento a fatiga de los pavimentos flexibles. *Revista de la construcción*.
- Garnica, P. y. (2004). *Conceptos Mecanicistas en pavimentos*. Sanfandila, Qro: IMT.
- Garnica, P., Gómez, J. A., & Sesma, J. A. (2002). *Mecánica de Materiales para Pavimentos*.
- Huang, Y. H. (1993). *Pavement Analysis and Design*.
- Klaus Schwab, X. S. (2017). *The Global Competitiveness Report 2017-2018*. World Economic Forum.
- Nino Vukobratovic, I. B. (2017). ANALYSES OF THE INFLUENCE OF MATERIAL CHARACTERISTICS ON PAVEMENT DESIGN. 12.
- Santiago Corro, G. P. (1974). *Diseño Estructural de Carreteras con Pavimentos Flexibles*. Instituto de Ingenieria UNAM.
- Santiago Corro, R. M. (Noviembre de 1981). Instructivo para diseño estructural de pavimentos flexibles. *Publicacion 444*. Ciudad de México: Instituto de Ingenieria UNAM.
- Sarabia, F. D. (17 de enero de 2011). *vinculando*. Recuperado el 26 de Marzo de 2018, de vinculando.org
- SCT. (2008). N CMT 4 05 004 08. En SCT.
- SCT. (2014). *Guía de procedimientos y técnicas para la conservacion de carreteras en México*. Dirección general de servicios técnicos.