

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**PROPUESTA PARA RESOLVER CONFLICTOS OPERATIVOS EN LA
CARRETERA JIMÉNEZ-CHIHUAHUA, TRAMO DELICIAS-
CHIHUAHUA, SUBTRAMO DEL KM 193+000 AL 209+000**

POR:

FLOR SOPHIA ALVARADO VILLARREAL

**ESTUDIO DE CASO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO
DE**

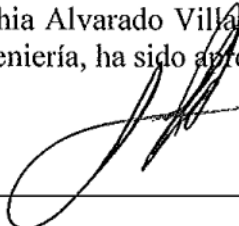
MAESTRA EN INGENIERÍA EN VÍAS TERRESTRES

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

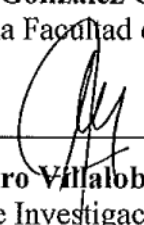
ENERO 2019



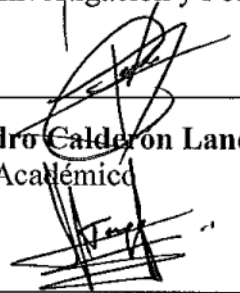
Propuesta para resolver conflictos operativos en la carretera Jiménez-Chihuahua, tramo Delicias-Chihuahua, subtramo del km 193+000 al 209+000. Estudio de caso presentado por Flor Sophia Alvarado Villarreal como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, ha sido aprobado y aceptado por:



M.I. Javier González Cantú
Director de la Facultad de Ingeniería



Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Secretario de Investigación y Posgrado



M.C. Alejandro Calderón Landaverde
Coordinador Académico



M.I. José Antonio Portillo Ocegüera
Director de Tesis

ENERO 2019

Fecha

Comité:

M.C. Alejandro Calderón Landaverde

M.I. José Carlos Montero de Anda

Dr. José Castañeda Ávila

M.I. José Antonio Portillo Ocegüera

© Derechos Reservados

Flor Sophia Alvarado Villarreal
Calle Árbol del Humo #633
Fracc. Quinta Montecarlo
Chihuahua, Chih., C.P. 31170

ENERO 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

24 de enero de 2019

ING. FLOR SOPHIA ALVARADO VILLARREAL

Presente

En atención a su solicitud relativa al Estudio de Caso para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, nos es grato transcribirle el tema aprobado por esta Dirección, propuesto y dirigido por el director **M.I. José Antonio Portillo Ocegüera** para que lo desarrolle como Estudio de Caso, con el título: **“PROPUESTA PARA RESOLVER CONFLICTOS OPERATIVOS EN LA CARRETERA JIMÉNEZ-CHIHUAHUA, TRAMO DELICIAS-CHIHUAHUA, SUBTRAMO DEL KM 193+000 AL 209+000”**.

ÍNDICE

Índice de Contenido

Índice de Tablas

Índice de Figuras

Índice de Ilustraciones

Capítulo 1. Generalidades

- 1.1 Situación actual de las carreteras en el país
- 1.2 Justificación
- 1.3 Fundamentación teórica
- 1.4 Objetivos
- 1.5 Metodología

Capítulo 2. Metodología de los trabajos realizados

- 2.1 Descripción general del camino
- 2.2 Reconocimiento del terreno de la zona de trabajo
- 2.3 Inspección de las obras de drenaje existentes
- 2.4 Características de los materiales
- 2.5 Diseño del pavimento

FACULTAD DE INGENIERÍA
Circuito No.1, Campus Universitario 2
Chihuahua, Chih., México. C.P. 31125
Tel. (614) 442-95-00
www.fing.uach.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Capítulo 3. Análisis y Resultados

Capítulo 4. Conclusiones y Recomendaciones

ANEXO 1

MÉTODO DE LA UNAM

MÉTODO MECANICISTA DEL IMT

Referencias

Curriculum Vitae

Solicitamos a Usted tomar nota de que el título del trabajo se imprima en lugar visible de los ejemplares del estudio de caso.

ATENTAMENTE
"Naturam subiecit aliis"

EL DIRECTOR

**EL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO**

M.I. JAVIER GONZÁLEZ CANTÚ

DR. ALEJANDRO VILLALOBOS ARAGÓN





AGRADECIMIENTOS

A Dios siempre.

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional.

A Edel, mi compañero de escuela y de vida, cómplice en cada cosa que me propongo.

A la Universidad Autónoma de Chihuahua a través de la Facultad de Ingeniería, a todos mis maestros y en especial al Maestro José Antonio Portillo Ocegüera quien me apoyo desde que inicie la maestría hasta el día de hoy que estoy cerrando el ciclo, y por supuesto al Maestro Alejandro Calderón sin cuyo empuje no hubiera logrado finalizar este trabajo.

A la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por todas las facilidades brindadas.

A mis compañeros de generación que sin pensarlo terminaron siendo grandes amigos.



RESÚMEN

El objetivo principal de esta investigación es formular una propuesta a corto plazo para reducir los accidentes de tránsito que ocurren en la carretera: Jiménez – Chihuahua, tramo: Delicias – Chihuahua, subtramo del km 193+000 al km 209+000, lo anterior debido a que los 16.0 kilómetros mencionados, están poco a poco adentrándose en la mancha suburbana del municipio de Chihuahua.

Se realizaron visitas de inspección a la zona de estudio, se revisaron las condiciones del terreno natural, las dimensiones del derecho de vía y de la franja central del camino, la situación actual de las obras de drenaje existentes, se ubicaron bancos de materiales para verificar que cumplan con las especificaciones que exige la normativa de infraestructura actual, posteriormente se analizaron diferentes opciones que ayudaran a mejorar la seguridad en esta zona, para finalmente proponer una solución a corto plazo a los accidentes de tránsito que se han presentado en el subtramo mencionado.

Todo lo arriba mencionado, con la finalidad de que se realicen obras que no afecten el libre tránsito, que no retrasen el flujo de mercancías y movilidad de miles de personas diariamente, y sobre todo que sean de baja inversión, todo con el único objetivo de aumentar la comodidad del usuario, sin descuidar la seguridad.



ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	6
RESÚMEN	7
ÍNDICE DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	11
CAPITULO 1: GENERALIDADES	12
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS CARRETERAS EN EL PAÍS.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN	17
1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
1.4 OBJETIVOS	23
1.5 METODOLOGÍA.....	23
CAPITULO 2: METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.....	25
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CAMINO	25
2.2 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO DE LA ZONA DE TRABAJO.....	26
2.3 INSPECCIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES.....	34
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	35
2.5 DISEÑO DEL PAVIMENTO	37
CAPITULO 3.- ANÁLISIS Y RESULTADOS	42
CAPITULO 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
ANEXO 1.- DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS DE PAVIMENTO.....	47
MÉTODO DE LA UNAM	48
MÉTODO MECANICISTA DEL IMT.....	55
REFERENCIAS	59
CURRICULUM VITAE.....	61



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos Viales de la Dirección General de Servicios Técnicos 2004-2018	20
Tabla 2: Análisis FODA de la propuesta de trabajo.	22
Tabla 3: Normas aplicables a las capas de pavimento.....	36
Tabla 4: Normas aplicables a las capas de pavimento.....	39
Tabla 5: Espesores Método Mecanicista	41
Tabla 6: Resumen de espesores propuestos.....	45



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Longitud de la red nacional carretera.....	14
Figura 2: Comparativa de vehículos motorizados en el país	15



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: km 195+000 Delicias-Chihuahua. Capilla San Judas Tadeo.....	16
Ilustración 2: Vista del subtramo del km 205+000 al 208+000 del subtramo Delicias-Chihuahua	16
Ilustración 3: Corredores carreteros troncales de altas especificaciones.....	18
Ilustración 4: Vista de feligreses hacia el templo del km 195+000 del subtramo Delicias-Chihuahua	20
Ilustración 5: Puntos propuestos para construir los retornos	26
Ilustración 6: Vista de bancos de materiales en el subtramo de estudio.....	36
Ilustración 7: Tipos de pavimento	37
Ilustración 8: Pavimento propuesto	38
Ilustración 9: Comparativa del número de repeticiones por eje	41
Ilustración 10: Calidad del material de subrasante	42
Ilustración 11: Calidad material base hidráulica	43
Ilustración 12: Calidad material base asfáltica	44



CAPITULO 1: GENERALIDADES

Las carreteras en México y en cualquier parte del mundo, son el motor del desarrollo económico. La infraestructura carretera mexicana comunica a la mayor parte de la población con los centros de trabajo en las grandes ciudades, logra movilizar miles de toneladas de productos a lo largo y ancho del país, y permite el crecimiento económico al fomentar el intercambio comercial con otros países.

El incremento acelerado de la población a nivel nacional ha propiciado la necesidad de mayor movilidad entre ciudades, ya sea para buscar mejores oportunidades de estudios o de empleos, de ahí que se requiera una constante construcción y modernización de la infraestructura carretera. Pero como toda acción tiene una reacción, la respuesta a estas últimas, se ha reflejado en un notorio aumento del parque vehicular motorizado, y como consecuencia en un elevado registro de accidentes viales.

La seguridad vial se ha convertido en un asunto primordial para los gobiernos en los últimos años. Las primeras investigaciones del tema se centraron en la accidentabilidad dentro de las zonas urbanas, con un elevado número de vehículos, motocicletas, usuarios de bicicletas y sobre todo peatones, las ciudades se convirtieron en focos latentes de lesionados y muertos como resultado de los accidentes de tránsito.

En un inicio los países desarrollados o de altos ingresos eran los que más invierten para lograr una reducción significativa de víctimas a causa de la accidentabilidad vial. Sin embargo, en los años recientes se han sumado a estos esfuerzos varios países que se encuentran en vías de desarrollo o de medianos ingresos. Aunado a esto, los esfuerzos para reducir el número de accidentes viales en el mundo dejaron de centrarse únicamente en aquellos que ocurrían dentro de las ciudades, para empezar a ocuparse también de los que se presentan en la red carretera.

Según la organización mundial de la Salud (OMS) cada año, cerca de 1.3 millones de personas fallecen a raíz de un accidente de tránsito, un poco más de 3,000 defunciones



diarias. Entre 20 y 50 millones de personas más, sufren traumatismos no mortales provocados por accidentes de tránsito, mismos que constituyen una de las causas más importantes de discapacidad en todo el mundo. Según las previsiones, si no se adoptan medidas inmediatas y altamente eficaces, dichos traumatismos se convertirán en la quinta causa mundial de muertes, con 2.4 millones de fallecimientos anuales. Ello se debe, en parte, al rápido aumento del mercado de vehículos de motor sin que haya mejoras suficientes en la estrategia sobre seguridad vial. (OMS O. M., Informe sobre la situación mundial de seguridad vial 2015, 2015).

Como dato relevante, alrededor del 90% de las defunciones por accidentes de tránsito a nivel mundial, ocurren en los países de bajos y medianos ingresos, curiosamente donde se encuentra menos de la mitad de los vehículos matriculados de todo el mundo; en esta clasificación se encuentra el país, donde al año, más de 22,000 personas mueren por causas de imprudencia vial (OMS O. M., Informe sobre la situación mundial de seguridad vial 2015, 2015).

En México, la Iniciativa Mexicana de Seguridad Vial (IMESEVI) hace notar que los accidentes por falta de seguridad vial no son solo focos de preocupación social, implican muertes, enfermedades, discapacidades y grandes sumas de dinero para la población y el gobierno.

1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS CARRETERAS EN EL PAÍS

La mejora de las carreteras federales en el territorio nacional ha tenido avances significativos en los últimos años, de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT, en particular a la publicación “Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2017”, al año 2016 contaba con una red carretera de 393,473 kilómetros, cuya clasificación se muestra en la siguiente figura (SCT S. d., 2017):

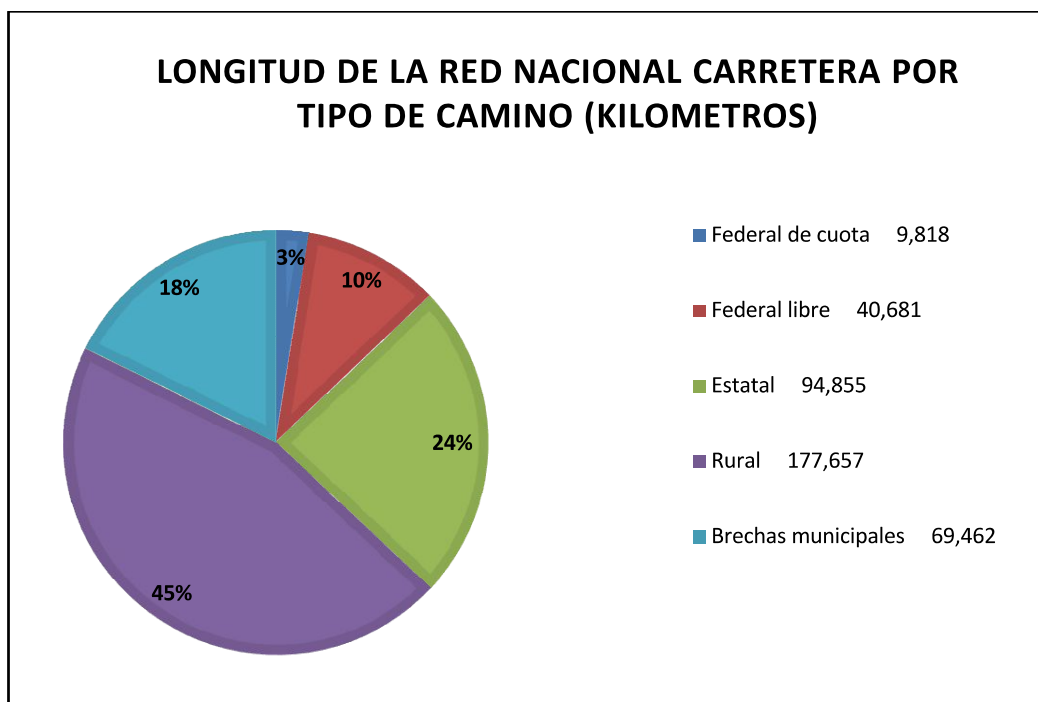


Figura 1: Longitud de la red nacional carretera

Si bien la cantidad de kilómetros construidos con los que cuenta el país es bastante considerable, aún falta mucho trabajo por hacer por las comunidades más alejadas o menos favorecidas, donde aún es difícil llegar. Afortunadamente, con las nuevas tecnologías de construcción y modernización de caminos será más viable elevar la longitud de caminos construidos y más fácil conectar a estas comunidades, en menor tiempo y menor costo.

1.1.1 Parque vehicular

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018), a nivel nacional el número de vehículos motorizados registrados en circulación pasó de 15'611,916 en el año 2000 a 42'932,567 vehículos al año 2016, tal como se observa en la figura 2.

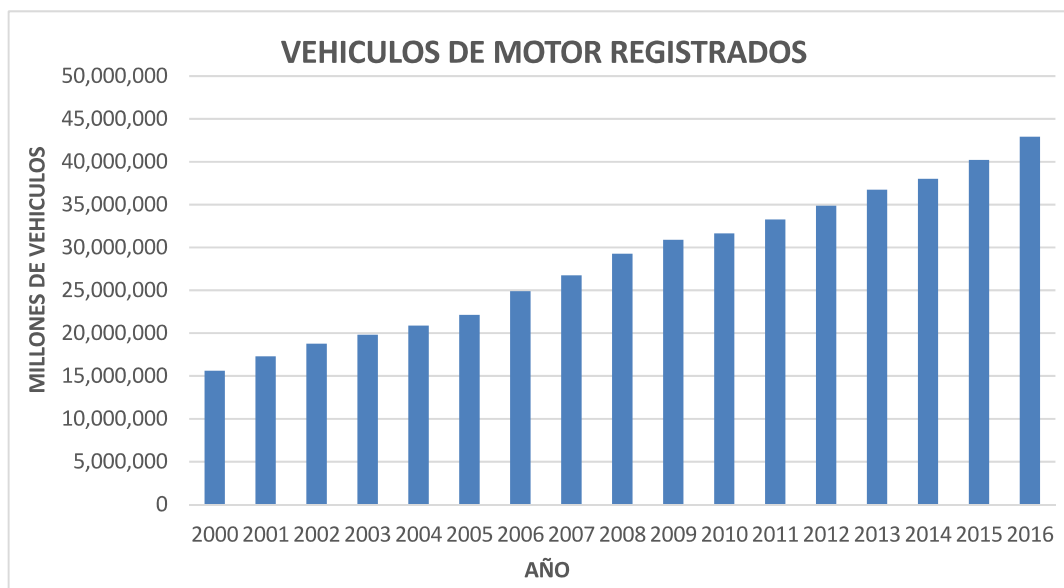


Figura 2: Comparativa de vehículos motorizados en el país

En el estado de Chihuahua, la puesta en operación de la carretera Panamericana data del año 1950 por el presidente Adolfo López Mateos. Dicho camino se convirtió en un precedente histórico por su longitud de 3,446 kilómetros desde Ciudad Juárez a Ocotlán, Chiapas.

El tramo Jiménez-Chihuahua, particularmente el subtramo Delicias-Chihuahua, clasificado como un camino tipo ET4, ha sido desde un inicio de su construcción uno de los subtramos más transitados de todo el estado de Chihuahua. La cantidad de vehículos que circulan entre estos dos puntos ha ido incrementando considerablemente año tras año en la última década.

Uno de los subtramos con más incidencia de accidentes entre la ciudad de Delicias y la capital del estado, es el comprendido entre los kilómetros 193+000 al 209+000, particularmente debido a que en el km 195+000 se encuentra la localidad de Tomás García, municipio de Chihuahua, la cual se caracteriza por ser un lugar venerado por miles de feligreses. Lo que aumenta la cantidad de tráfico en ese punto, así como la presencia de peatones.



Ilustración 1: km 195+000 Delicias-Chihuahua. Capilla San Judas Tadeo

Aunado a esto, del km 205+500 al 208+000 aproximadamente, se han asentado varias industrias de diferentes giros, las cuales generan un considerable número de movimientos vehiculares en ambos sentidos, y estos a su vez un punto localizado de posibles accidentes viales. Esta ruta actualmente está operando con dos cuerpos, uno por sentido, de dos carriles de 3.50 metros de ancho cada uno, el cuerpo A está formado por un acotamiento externo de 2.50 metros e interno de 1.0 metro, mientras que el cuerpo B adoptara esta geometría cuando finalicen los trabajos de modernización contemplados para este año 2018 por la SCT.



Ilustración 2: Vista del subtramo del km 205+000 al 208+000 del subtramo Delicias-Chihuahua



La intención de este trabajo es presentar la propuesta de la construcción de 7 retornos a nivel para lograr movimientos más fluidos en el subtramo arriba mencionado y, sobre todo, proteger a los usuarios de la carretera en todo momento, ofreciéndoles carriles de almacenamiento seguros y con amplia visibilidad.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La OMS ha considerado la accidentalidad vial como una de las epidemias actuales en la sociedad. Conjuntamente el Banco Mundial (BM) realizó un estudio donde los accidentes viales se colocaron como la séptima causa de mortalidad en todo el mundo. En dicho estudio se determinó que para el año 2030 esta epidemia ascenderá al quinto puesto (OMS, 2015)

Afortunadamente, hay una mayor concientización de que la situación actual en materia de seguridad vial es ya una crisis con repercusiones sanitarias, sociales y económicas devastadoras que ponen en peligro los logros que se han alcanzado en los últimos años en materia de salud y desarrollo en algunos países.

El tema de la seguridad vial no es una cuestión reciente, pero las actividades a nivel internacional han cobrado un nuevo impulso en los últimos diez años. Se han elaborado varios documentos que describen la situación de los traumatismos causados por el tránsito, sus efectos sociales, sanitarios y económicos, los factores de riesgo específicos y las intervenciones eficaces. (OMS, 2011)

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) proclamó el periodo 2011 – 2020 como el “Decenio de Acción para la Seguridad Vial” en un gran esfuerzo por reducir los alarmantes índices en cuanto a víctimas de accidentes. (ONU, 2010)

Por su parte el Gobierno de la República Mexicana se unió a este programa mediante la coordinación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Salud. El fin de este acuerdo es lograr avances significativos en materia de seguridad vial,



mejoras a la infraestructura vial y lo más importante lograr una concientización en los usuarios sobre el mismo tema. Lo anterior debido a que actualmente nuestro país ocupa el doceavo lugar a nivel mundial en cuanto a accidentes viales. (DOF, 2011)

El sistema carretero con el que cuenta el país se ha construido y modernizado en función de las necesidades de la demanda que requiere el desplazamiento de millones de toneladas de carga y de pasajeros.

Hoy en día, las carreteras del estado, en particular la Jiménez-Chihuahua forma parte de uno de los 9 corredores carreteros troncales de altas especificaciones con los que cuenta México, el eje Querétaro-Ciudad Juárez es uno de los más transitados a nivel nacional, esto debido a que cuenta con la ruta que permite conectar el centro - sur del país con una de las fronteras más importantes de los Estados Unidos de América. (SCT S. d., Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, 2013)



Ilustración 3: Corredores carreteros troncales de altas especificaciones



Como parte del constante mejoramiento de estas vías de comunicación, es importante no olvidar la importancia de los programas de mantenimiento y modernización de la infraestructura ya existente. El subtramo de estudio, Delicias-Chihuahua a cargo de la SCT, ha estado en constante modernización en los últimos años debido a los requerimientos tan cambiantes de niveles de servicio y carga actuales que circulan por la vía.

El desarrollo de este trabajo es de suma importancia ya que permite conceptualizar la propuesta de ofrecer seguridad al usuario del camino en los movimientos direccionales que tenga que realizar al circular por el subtramo mencionado. Actualmente los movimientos para el cambio de sentido se realizan en puntos no autorizados por la entidad normativa, en este caso la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Estos cruzamientos son peligrosos para los usuarios, provocando accidentes mortales cada vez más frecuentes.

1.2.1 Problemática del subtramo de estudio

Si reunimos el volumen de tránsito diario, más la presencia de feligreses en cualquier época del año, que circulan ya sea, a pie o bicicleta en el derecho de vía y/o automóvil a muy baja velocidad sobre la cinta asfáltica, se incrementan los riesgos de accidentes en la zona. Si a esto le sumamos, la entrada y salida de vehículos de carga de las diferentes empresas asentadas en los terrenos aledaños a la carretera, podremos imaginarnos el alto riesgo de que se presenten fuertes accidentes en la zona con desenlaces mortales.



Ilustración 4: Vista de feligreses hacia el templo del km 195+000 del subtramo Delicias-Chihuahua

La gran cantidad de vehículos que circulan por el subtramo refuerza la necesidad de construir retornos a nivel en los puntos más críticos para mejorar la seguridad vial para todos los usuarios involucrados. En la tabla 1 se observa el incremento de tránsito que se ha presentado en los últimos años en la zona referida en este estudio. (SCT S. d., Datos Viales de la Dirección General de Servicios Técnicos, 2018)

Tabla 1: Datos Viales de la Dirección General de Servicios Técnicos 2004-2018

AÑO	TDPA S1	TDPA S2
2004	4811	4770
2005	4821	4879
2006	4865	4812
2007	6284	6208
2008	6673	6698
2009	7505	7501
2010	6784	6705
2011	6882	6975
2012	6178	6679
2013	6792	6766
2014	6904	6930
2015	7408	7433
2016	7672	7700
2017	7910	7712
2018	7175	7590



Es importante que, como ingenieros civiles, y más aún como ingenieros inmersos en el área de las vías terrestres, tránsito y transportes tengamos el compromiso para buscar mecanismos por medio de propuestas para generar esos cambios tan significativos e importantes que hoy en día demanda la sociedad para ofrecer una mejor calidad de vida, donde interactuamos y donde somos piezas clave.

Así pues, los trabajos principales que se planean desarrollar son el estudio de pavimento del punto donde se proponen los retornos a nivel, la caracterización de los materiales de los bancos de materiales más cercanos a la zona de trabajos propuestos y un levantamiento de todas las obras de drenaje menores que se localicen en el subtramo.

El proyecto geométrico, estudio de tránsito y proyecto de señalamiento para los 7 retornos propuestos quedan fuera del alcance de este trabajo.

1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La planeación estratégica es la elaboración, desarrollo y ejecución de distintos planes para poder lograr los objetivos planteados. La accidentalidad vial como tal es un problema social tan alarmante que necesita de acciones inmediatas, a corto, mediano y largo plazo.

Como parte de la planeación estratégica para la implementación de soluciones a los accidentes carreteros en el subtramo propuesto, se hará uso del análisis FODA, que tiene como objetivo identificar y analizar las fuerzas y debilidades de una institución u organización, así como también las oportunidades y amenazas, que representa la información recolectada. Este análisis ayudara a visualizar el plan en base a factores internos y externos, para maximizar los aspectos positivos y minimizar los negativos.



Tabla 2: Análisis FODA de la propuesta de trabajo.

ANÁLISIS FODA		
INTERNAS	<i>FORTALEZAS</i>	<i>DEBILIDADES</i>
	Apoyo de las autoridades responsables.	Poco interés de los conductores para respetar el señalamiento instalado.
	Participación de la autoridad para involucrar y concientizar a la comunidad del buen uso de las propuestas.	Permitir la falta de mantenimiento por parte de los responsables.
EXTERNAS	<i>OPORTUNIDADES</i>	<i>AMENAZAS</i>
	Disposición por parte de los niveles de gobierno para apoyar este tipo de acciones.	Mal uso de los retornos por los usuarios.
	Necesidad urgente de reducir los accidentes viales.	Que los retornos sean utilizados como estacionamiento por los vehículos de carga.

El constante aumento de accidentes viales en la zona de estudio es lo que buscamos combatir. Para lograrlo es necesario aplicar programas, para dar a conocer a la ciudadanía de los números reales tanto de accidentes como de muertes, concientizar a fondo a todos los involucrados para que cada uno tome el papel que le corresponde y tener una mejor respuesta.

Es necesario entonces, desarrollar a la par de la construcción de los retornos un programa de difusión que informe sobre el tema, que llegue a la mayor parte de la población y se involucre. Las campañas de sensibilización a la población también son de importancia en este problema, ya que aumentan la toma de conciencia sobre los riesgos y las consecuencias.



1.4 OBJETIVOS

La propuesta de esta investigación es realizar un levantamiento de las obras de drenaje existentes, desarrollar la propuesta de la estructura de pavimento y la caracterización de los materiales que se utilizara en la construcción de los retornos a nivel en los siguientes puntos:

Km 193+830

Km 196+000

Km 198+000

Km 199+700

Km 203+500

Km 205+600

Km 207+110

Tal como se mencionó anteriormente, la atención a los accidentes carreteros requiere acciones a corto, mediano y largo plazo, y precisamente, la propuesta de construcción de retornos a nivel no es la definitiva, sino que es una propuesta viable a corto plazo para frenar el incremento de accidentes viales en la zona y ayudar a agilizar el tráfico diariamente, sobre todo en fechas específicas donde se ve entorpecido. La propuesta definitiva ante la problemática del subtramo es la construcción de una sección tipo boulevard en conjunto con los retornos a nivel.

1.5 METODOLOGÍA

Un adecuado sistema de seguridad vial orienta la planeación, el diseño y la puesta en operación de elementos en las carreteras para proveer seguridad en lugar de heridos y muertos. La línea de investigación de este tema será básicamente la siguiente:



1. Realizar el levantamiento en campo de todas las obras de drenaje existentes, esto con la finalidad de observar si en alguno de los 7 puntos propuestos es necesario construir, ampliar o modificar obras de drenaje.
2. Realizar pruebas a los materiales que serán utilizados en las diferentes capas de la estructura de pavimento, para asegurarnos que cumplen con los requisitos mínimos solicitados por la normativa vigente actual.
3. Realizar el diseño del pavimento de los retornos, con el objetivo de construir una estructura con la capacidad para soportar las cargas reales en la zona.
4. Analizar, organizar y documentar en forma ordenada y sistematizada la información recabada señalando las ventajas y desventajas de la construcción de estos retornos a nivel en los lugares propuestos.
5. Elaborar el reporte final que incluya la información relativa a las obras de drenaje y diseño del pavimento, respaldado en conclusiones y recomendaciones derivadas de los análisis de los puntos antes mencionados.

La utilidad de este trabajo es generar una propuesta del proyecto ejecutivo de 7 retornos a nivel en la carretera Jiménez - Chihuahua, tramo Delicias-Chihuahua, subtramo del km 193+000 al 208+000, con la única finalidad de reducir en lo mayor posible los accidentes viales, sobre todo por aquellos movimientos vehiculares que realizan algunos vehículos sobre la franja central que divide a ambos cuerpos.

Dichos movimientos se dan en puntos no autorizados como retornos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, pero que a su vez se ha observado que en días críticos o en situaciones de trabajos en la zona son requeridos, de ahí el interés de que se construyan en un corto plazo y sean utilizados por los usuarios en tanto se logran trabajos a un mediano y largo plazo.



CAPITULO 2: METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CAMINO

De acuerdo con el Manual de Proyecto Geométrico (Técnicos, 2018), el subtramo de estudio es un camino dividido con control parcial de accesos, es decir, que se da preferencia al tránsito de paso, que permite las conexiones con otros caminos en puntos específicos y que permite algunas intersecciones a nivel y accesos directos a propiedades privadas.

Actualmente, el subtramo de interés en el sentido A está formado por dos carriles de 3.50 metros cada uno, acotamiento externo de 2.50 metros y un acotamiento interno de 1.0 metro, mientras que el cuerpo B, del km 199+500 al 208+500 actualmente opera únicamente con dos carriles de circulación de 3.50 metros cada uno. Para este año 2018, se modernizará el sentido B para que todo el tramo opere con las mismas características geométricas.

Para comenzar con los trabajos planteados anteriormente se llevaron a cabo visitas de campo a la zona donde se proponen los retornos a nivel.

Se acudió a cada uno de los puntos considerados como factibles para estos trabajos, lo anterior con la finalidad de revisar las dimensiones de la franja central que alojara los retornos propuestos.

La longitud total que hay entre el primer retorno propuesto y el ultimo es de 13.38 kilómetros. La ubicación de las propuestas considera que ningún retorno debe quedar frente a algún acceso existente, esto con la finalidad de evitar entrecruzamientos.

Se hace constar nuevamente que el alcance de los trabajos de este estudio de caso es proponer los puntos idóneos para construir los retornos a nivel, analizar las características de los bancos de materiales en la zona y proponer la estructura de pavimento de los retornos.

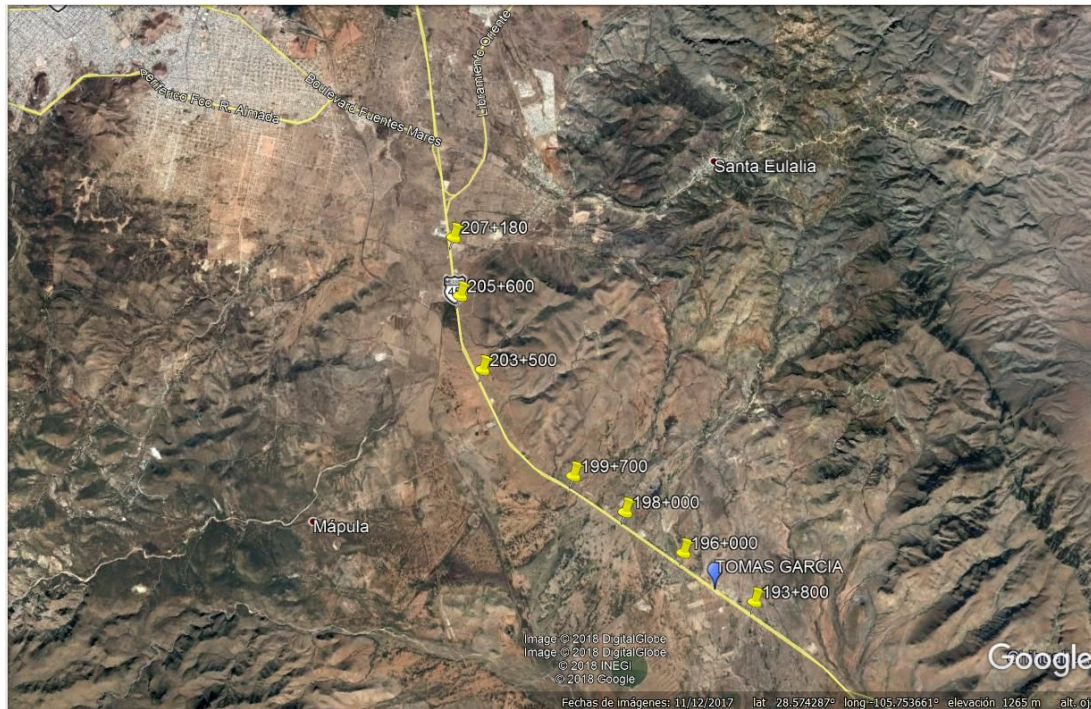


Ilustración 5: Puntos propuestos para construir los retornos

En la imagen anterior se pueden observar los siete puntos donde se pretende alojar los retornos a nivel en el subtramo Delicias – Chihuahua, mismos que se visitaron puntualmente para analizar la situación actual.

2.2 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO DE LA ZONA DE TRABAJO

Se acudió a inspección física de los sitios propuestos para realizar un levantamiento de los datos más relevantes, tales como ancho de faja separadora, longitudes libres, existencia de obras de drenaje, observándose lo siguiente:



1.- Punto propuesto km 193+830



Elemento	Situación actual
Ancho de la franja central:	12.50 metros
Topografía:	Lomerío suave
Alineamiento vertical:	Tangente
Obras de drenaje:	No existen en el lugar propuesto



2.- Punto propuesto km 196+000



Elemento	Situación actual
Ancho de la franja central:	12.20 metros
Topografía:	plano
Alineamiento vertical:	Tangente
Obras de drenaje:	No existen en el lugar propuesto



3.- Punto propuesto km 198+000



Elemento	Situación actual
Ancho de la franja central:	12.20 metros
Topografía:	plano
Alineamiento vertical:	Tangente
Obras de drenaje:	Km 198+200 existe una losa de 2.50 x 1.0 metros, que no requerirá modificación.



4.- Punto propuesto km 199+700



Elemento	Situación actual
Ancho de la franja central:	12.10 metros
Topografía:	plano
Alineamiento horizontal:	curva
Obras de drenaje:	km 197+755 • Cuerpo A: losa de 2.50 x 1.50 metros - Cuerpo B: losa de 1.0 x 0.90 metros

Nota: se considera poco factible por ser un punto en curva, lo que provocaría poca visibilidad en ambos sentidos



5.- Punto propuesto km 203+500



Elemento	Situación actual
Ancho de la franja central:	12.10 metros
Topografía:	plano
Alineamiento vertical:	Tangente
Obras de drenaje:	Km 203+550 losa existente de 2.0 x 1.0 metros



6.- Punto propuesto km 205+600



Elemento	Situación actual
Ancho de la franja central:	11.0 metros
Topografía:	Lomerío suave
Alineamiento vertical:	Tangente
Obras de drenaje:	No existen en el lugar propuesto



7.- Punto propuesto km 207+110



Elemento	Situación actual
Ancho de la franja central:	11.0 metros
Topografía:	plano
Alineamiento vertical:	Tangente
Obras de drenaje:	Km 207+020 losa existente de 1.50 x 1.0 metros

Nota: existe una zona pavimentada de 60.0 metros de longitud que se acondicionó para desviación. Deberá realizarse el diseño geométrico adecuado.



2.3 INSPECCIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES

El proceso de esta actividad consistió básicamente en acudir a realizar recorrido de campo y documentar las características principales de las obras de drenaje que existen actualmente en el subtramo donde quedaran alojados los retornos propuestos, las cuales incluyen:

1. Ubicación
2. Tipo
3. Dimensiones
4. Coordenadas geográficas
5. Reporte fotográfico

2.3.1 Reporte de las obras de drenaje detectadas

En el recorrido de campo en el subtramo, únicamente se detectaron tres obras de drenaje que están en los puntos propuestos para llevar a cabo la construcción de los retornos a nivel cuya información se desglosa a continuación:

	Ubicación: km 198+200 Tipo: losa de concreto Dimensiones: 2.50 x 1.0 metros Coordenadas geográficas: 28°29'47.8" N 105°50'44.9" W
---	---



	Ubicación: km 203+550 Tipo: losa de concreto Dimensiones: 2.0 x 1.0 metros Coordenadas geográficas: 28°32'14.9" N 105°56'39.0" W
---	--

	Ubicación: km 207+020 Tipo: losa de concreto Dimensiones: 1.5 x 1.0 metros Coordenadas geográficas: 28°34'02.3" N 105°57'18.8" W
--	--

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Para cumplir con este elemento, se procedió a visitar los bancos de materiales cercanos a la zona de los trabajos propuestos. Para este caso, se trabajará con los siguientes:

- Banco El Huérfano km 191+800
- Banco San Judas km 194+650



Ilustración 6: Vista de bancos de materiales en el subtramo de estudio

Para desarrollar esta actividad se procedió a tomar muestras de los materiales existentes, con la finalidad de ensayarlos en el laboratorio para comprobar que cumplan con los requisitos mínimos solicitados por la normativa del IMT (IMT, 2018) para las siguientes capas:

Tabla 3: Normas aplicables a las capas de pavimento

CAPA	NORMA
Subrasante	N-CMT-1-03/02
Base hidráulica	N-CMT-4-02-002/16
Base asfáltica	N-CMT-4-02-003/16
Carpeta asfáltica:	
Materiales pétreos para mezclas asfálticas	N-CMT-4-04/17
Calidad de materiales asfálticos	N-CMT-4-05-001/06
Calidad de mezclas asfálticas para carreteras	N-CMT-4-05-003/16
Calidad de cementos asfálticos según su grado de desempeño (PG)	N-CMT-4-05-043/18



2.5 DISEÑO DEL PAVIMENTO

El pavimento es aquel conjunto de capas que están diseñadas cuidadosamente para soportar las cargas del tránsito que circulan sobre ellas durante un periodo de vida asignado, considerando en todo momento la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. De ahí la importancia de la veracidad de los resultados del laboratorio al analizar los materiales contemplados para conformar las distintas capas.

Existen tres tipos de pavimentos:

1. Pavimento rígido
2. Pavimento flexible
3. Pavimento semirrígido

El pavimento rígido, es aquel formado por una losa de concreto hidráulico sobre una base o directamente sobre la subrasante, este tipo de estructura transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada.

El pavimento flexible es aquel que está construido con materiales asfálticos y materiales granulares, cuyas principales ventajas es ofrecer un mejor drenaje y confort para el usuario.

La estructura semirrígida, es básicamente un pavimento flexible a cuya base se le ha dado una rigidez alta por adición de cemento o asfalto (base negra). (IMT, 2018)

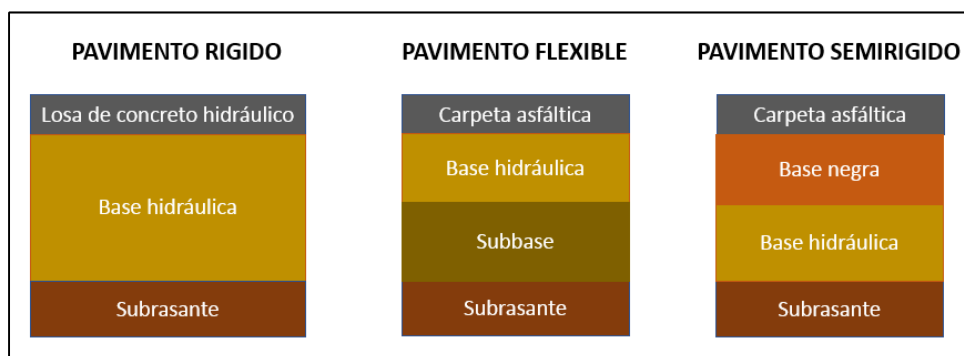


Ilustración 7: Tipos de pavimento



La estructura de pavimento adecuada para soportar las cargas reales que circulan por la zona permitirá que los trabajos que se realicen cumplan para un periodo de vida estimado, que ofrezca comodidad al usuario y sobre todo seguridad.

Es importante proponer una estructura que cumpla con los requisitos técnicos solicitados por la Normativa para la Infraestructura del transporte, emitidas por el IMT (IMT, 2018). Dicho pavimento debe como mínimo estar compuesto por las mismas capas que forman la carretera existente, esto con la finalidad de ocasionar menos molestias al usuario al momento de transitar, así como para evitar el desgaste prematuro en una u otra zona.

En la siguiente ilustración se observa la estructura del pavimento existente en el cuerpo B, sin embargo, se recuerda que para este año 2018, este mismo cuerpo será modificado para igualar al de la estructura del cuerpo A, tal como se muestra a continuación:

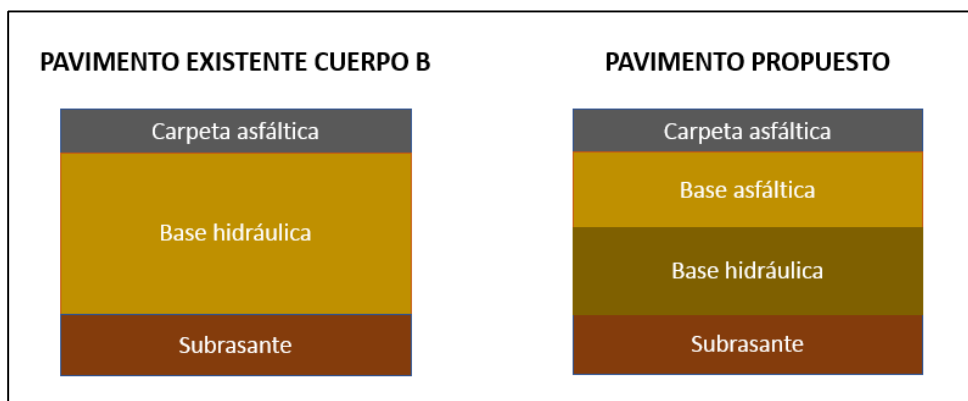


Ilustración 8: Pavimento propuesto

La propuesta de la estructura del pavimento adecuada se obtendrá al analizar los resultados arrojados por el método de Ingeniería de la UNAM y por el método Mecanicista del Instituto Mexicano del transporte IMT.

El tránsito diario promedio anual TDPA que será utilizado para el diseño, se obtuvo del registro de datos viales que publica anualmente la Dirección General de Servicios Técnicos para el año 2018. (SCT S. d., 2018)



2.5.1 Método de Ingeniería de la UNAM

Los datos generales utilizados para el desarrollo de este método son los siguientes:

- TDPA₂₀₁₈: 7,382
- Tasa de crecimiento: 4%
- Vida de proyecto: 15 años
- Composición vehicular:
 - A= 71.8
 - B=3.7
 - C2=6.9
 - C3=1.6
 - T3S2=11.4
 - T3S3=2.1
 - T3S2R4=2.5

Como resultado del análisis del TDPA, de la composición vehicular, tasa de crecimiento y vida de proyecto, el método nos arroja una propuesta de pavimento suficiente para soportar las cargas para el periodo de diseño, cuya estructura se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4: Normas aplicables a las capas de pavimento

Capa	Espesor
Carpeta asfáltica	8.0 cm
Base asfáltica	15.0 cm
Base hidráulica	20.0 cm
Subrasante	30.0 cm
Terreno natural	∞



2.5.2 Método Mecanicista del IMT

De acuerdo con el manual de usuario IMT-PAVE 1.1, emitido por el IMT (IMT, 2013), las cuatro variables principales a considerar en el diseño estructural de los pavimentos son:

- Tránsito vehicular
- Criterios de falla
- Estructura y propiedades de los materiales
- Factores ambientales

Una característica sobresaliente de este modelo en comparación a otros es que considera los datos de tráfico para analizar los espectros de carga por tipo de eje sobre las carreteras. De acuerdo con esta misma publicación técnica, un espectro de carga es la distribución de la carga de un grupo de ejes durante un periodo de tiempo.

Como usuarios de las carreteras en el país, no podemos ignorar el hecho de que rara vez los vehículos pesados respetan el límite de carga impuesto en la NOM-012-SCT-2-2017 (NOM, 2017) emitida por la SCT, por lo tanto, lo ideal es realizar un análisis que considere la ligera sobrecarga que circula por las carreteras.

El objetivo de proponer una estructura de pavimento con este método es aprovechar la ventaja de que en su análisis considera varios niveles de carga, considerando el siguiente número de repeticiones esperado para cada tipo de eje considerado, tal como se muestra a continuación:



<i>Tipo de Eje</i>	<i>Número de repeticiones esperado, por año</i>
Sencillo	1,186,730
Sencillo Dual	269,711
Tándem	1,456,441
Tridem	215,769

Ilustración 9: Comparativa del número de repeticiones por eje

En el caso de los resultados que nos arroja este método, se muestran los espesores tanto para carga legal y como para ligera sobrecarga.

Tabla 5: Espesores Método Mecanicista

CAPA	Espesores
Carpeta asfáltica	10.0 cm
Base asfáltica	15.0 cm
Base hidráulica	20.0 cm
Subrasante	30.0 cm
Terreno natural	∞

Los datos para alimentar ambos programas de diseño de pavimento se dan tomando en cuenta la situación actual del tramo y sus requerimientos. Los módulos de resiliencia considerados para cada capa de la estructura del pavimento son una propiedad fundamental para lograr que se cumpla el periodo de vida de diseño de pavimento.

El desarrollo de los dos métodos utilizados para proponer la estructura de pavimento se adjunta en el anexo 1.



CAPITULO 3.- ANÁLISIS Y RESULTADOS

Luego de realizar el levantamiento de datos en campo, propuesta de los puntos más factibles, revisión de las obras de drenaje susceptibles de afectación y muestreo de los materiales del banco más cercano, y tal como se observó en el capítulo anterior se obtuvieron dos propuestas de estructura de pavimento para soportar las cargas actuales en el tramo de estudio. A continuación, se muestran los resultados de los ensayos a los materiales de banco que se utilizaran para conformar las capas de la estructura de pavimento propuesta.

El análisis de materiales de los bancos de materiales se realizó con la finalidad de verificar que cumplan con la normatividad vigente actual. Se ensayaron materiales para las diferentes capas propuestas del pavimento. Los resultados se muestran en las siguientes ilustraciones:

DATOS DEL MUESTREO	PROCEDENCIA DEL BANCO DEL MATERIAL:	SAN JUDAS, KM 194+650 DESVIACIÓN IZQUIERDA A 300 M, CARRETERA JIMÉNEZ - CHIHUAHUA	N.CMT.1.03/02
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MÁXIMO, (mm)	50.00	76 mm MÁXIMO
	RETENIDO EN MALLA DE 75.0 mm, (%)	0	
	PASA MALLA DE 4.75mm, (%)	51.8	
	PASA MALLA DE 0.425mm, (%)	24.4	
	PASA MALLA DE 0.075mm, (%)	14.4	
	LÍMITE LÍQUIDO, (%)	30	40 % MÁXIMO
	LÍMITE PLÁSTICO, (%)	20	
	ÍNDICE PLÁSTICO, (%)	10	12 % MÁXIMO
	MASA VOLUMÉTRICA SECA SUELTA, (kg/m³)	1498	
	MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA, (kg/m³)	1829	
	HUMEDAD ÓPTIMA, (%)	13.7	
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR), (%)	38.3	20 % MÍNIMO
	EXPANSIÓN, (%)	0.0	2 % MÁXIMO
	CLASIFICACIÓN SUCS	SC	

Ilustración 10: Calidad del material de subrasante



Cualquier suelo natural es aprovechable para terracerías; excepto aquellos que son muy orgánicos o aquellos cuyo rebote elástico sea importante, y, por lo tanto, produzcan deformaciones excesivas a las capas suprayacentes o superiores. Cuando el material de la terracería sea de baja calidad puede emplearse una verdadera capa subrasante de material de mejor calidad que haga de transición entre esta y el pavimento. (Juárez y Rico, 1984).

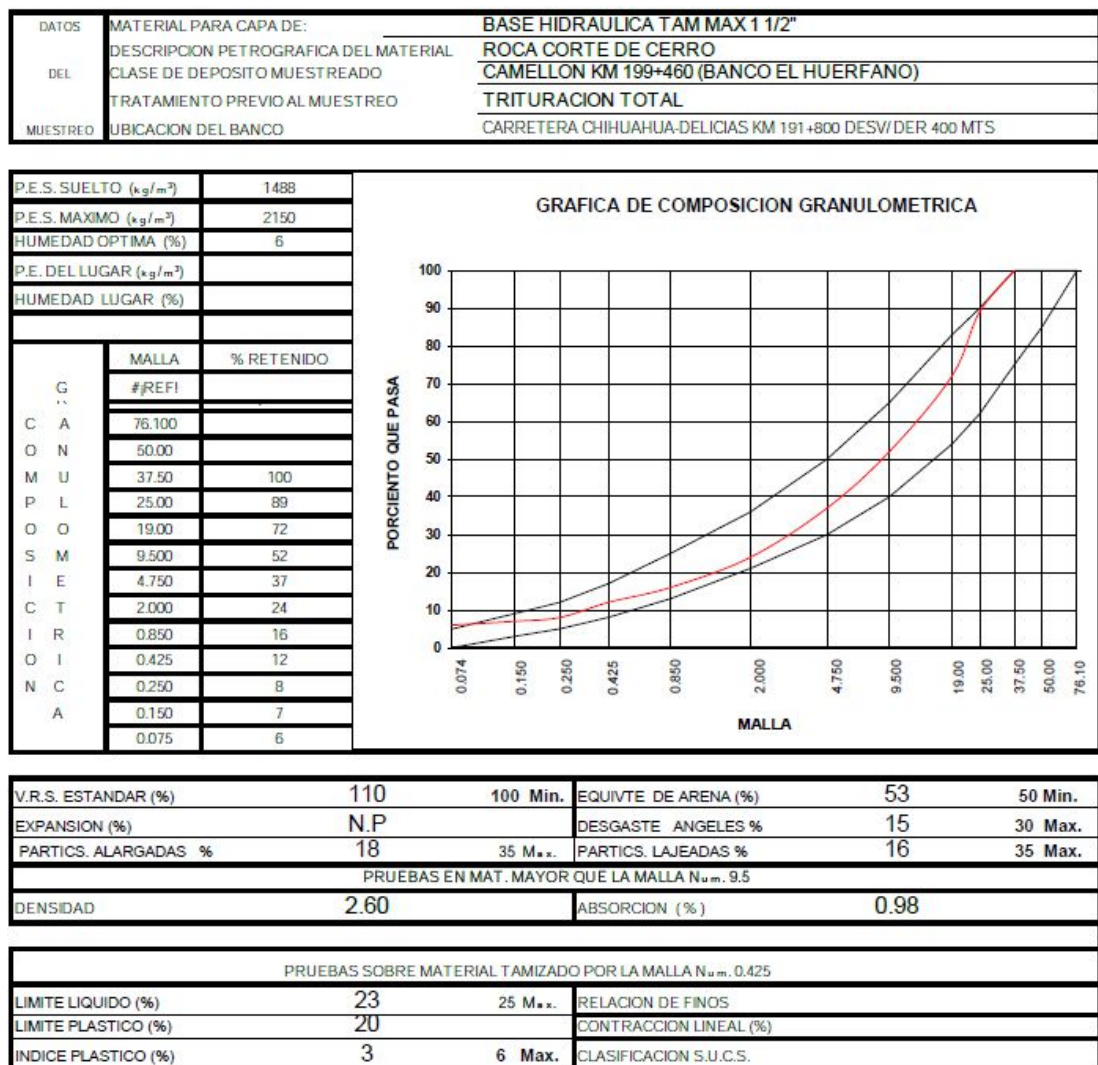


Ilustración 11: Calidad material base hidráulica

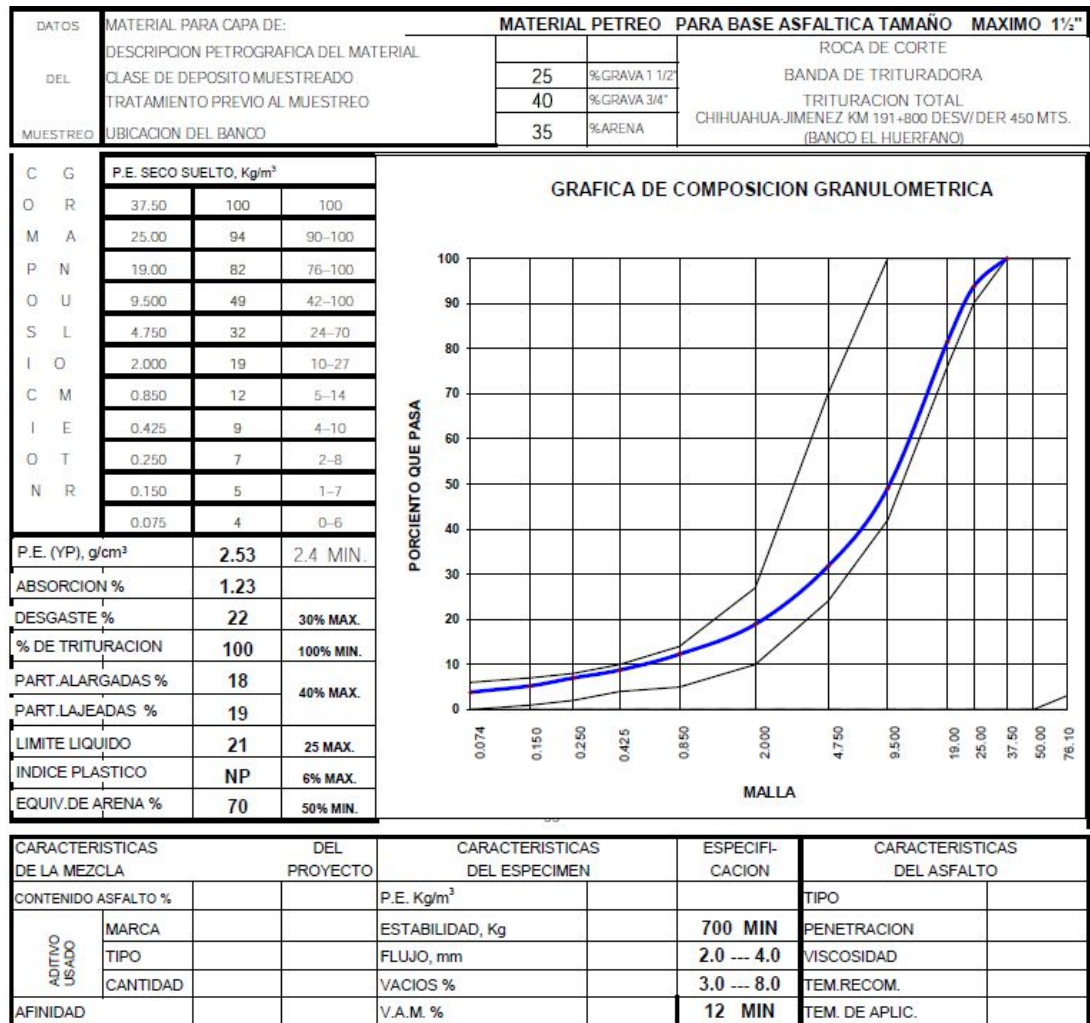


Ilustración 12: Calidad material base asfáltica

Luego de revisar la calidad del material que formara la cimentación de la estructura (subrasante, y las condiciones de los pétreos de banco para la base hidráulica y base asfáltica se analizaron las propuestas de pavimento obtenidas con anterioridad. A manera de resumen, la tabla 4 muestra los espesores propuestos por cada método para cada una de las capas que conformaran la estructura del pavimento.



Se recomienda optar por la propuesta arrojada por el Método Mecanicista del IMT para soportar ligera sobrecarga.

Tabla 6: Resumen de espesores propuestos

CAPA	MÉTODO UNAM	MÉTODO MECANICISTA
Carpeta asfáltica	8.0 cm	10.0 cm
Base asfáltica	15.0 cm	15.0 cm
Base hidráulica	20.0 cm	20.0 cm
Subrasante	30.0 cm	30.0 cm
Terreno natural	∞	∞

Siempre que la calidad de los materiales y el procedimiento constructivo cumpla con lo solicitado en las normas vigentes aplicables, la estructura seleccionada será capaz de soportar las cargas actuales reales que circulan por el tramo que nos ocupa este estudio.



CAPITULO 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En un eje de transporte como lo es la carretera Jiménez-Chihuahua, y en especial el tramo Delicias – Chihuahua, es de suma importancia contar con espacios que permitan el libre tránsito de todos los vehículos que circulan por el mismo tramo.

Los trabajos básicos de este estudio de caso como el análisis de la probable ubicación de los retornos, la revisión de los resultados arrojados en los ensayos de los materiales de los bancos más cercanos a la zona de trabajo, los cuales servirán para conformar las diferentes capas de la estructura del pavimento requerido para soportar las cargas actuales, y el diseño del pavimento por los métodos de la UNAM e IMT, nos dan como resultado la propuesta final de este trabajo. Así pues, la estructura de pavimento que se propone será capaz de soportar las cargas de los vehículos que usaran los retornos durante todo el periodo de vida propuesta.

De las 7 ubicaciones expuestas para construir los retornos, finalmente se ha optado por dejar 6 puntos, eliminando la propuesta del km 199+700, ya que se encuentra dentro de una curva horizontal lo que dificultaría la visibilidad de los usuarios.

Es de suma importancia que una vez que se cuente con el proyecto geométrico, la ejecución de los trabajos de construcción de los accesos sea apegada en su totalidad a los requisitos de la normativa actual vigente de la SCT, hablando tanto sobre la calidad de los materiales, como en los procedimientos constructivos.



ANEXO 1.- DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS DE PAVIMENTO



MÉTODO DE LA UNAM

Rev. 5.0

TIPO DE CAMINO

El programa tiene dos opciones de diseño:

- ☒ Caminos de altas especificaciones, en los que 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).
- ☐ Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Rev. 5.0

TRÁNSITO DEL PROYECTO

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas)

Tiene dos opciones para calcular el tránsito equivalente:

- ☐ Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente
- ☒ Calcularlo a partir del tránsito mezclado

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0



Rev. 5.0

TRÁNSITO ACUMULADO EN VEHÍCULOS TDPA

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril del proyecto (en vehículos) :

Tasa de crecimiento anual del tránsito en % :

Periodo de proyecto, en años :

y el tipo de camino

☐ Utilizar Norma del decreto publicado el 7 de enero de 1997

☒ Actualizar pesos según la Norma NOM-012-SCT-2008

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Rev. 5.0

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO

Introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Auto	Tractocamión articulado
A: 71.8	T2-S1:
Autobús	T2-S2:
B2: 3.7	T3-S2: 11.4
B3:	T3-S3: 2.1
B4:	
Camión	Tractocamión doblemente articulado
C2: 6.9	T2-S1-R2:
C3: 1.6	T3-S1-R2:
C2-R2:	T3-S2-R2:
C3-R2:	T3-S2-R3:
C2-R3:	T3-S2-R4: 2.5
C3-R3:	T3-S3-S2:

La suma hasta el momento es de 100.0%
La suma debe ser igual a 100 %

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0



Rev. 5.0

TASA DE CRECIMIENTO

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

- ☐ Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.
- ☒ Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).

Se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%

Introduzca una proporción de camiones cargados que juzgue correcta (en%):

Para los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados. Los autobuses y vehículos de carga (tipos B,C y T) pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Rev. 5.0

Profundidad

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de:

Z = 5 cm	Z =15 cm	Z =30 cm	Z =60 cm	Z =90 cm	Z =120 cm
68.5	61.7	57.7	67.7	70.4	71.5

Seleccione un valor para daño superficial :

Seleccione un valor para daño profundo :

Se sugiere emplear el tránsito de proyecto determinado a 15 y 90 cm para diseño por fatiga y deformación permanente, respectivamente. Pero usted puede tomar la profundidad más adecuada a su proyecto.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0



Rev. 5.0

TRÁNSITO

El tránsito del proyecto, en millones de ejes estándar es :

a) Por fatiga en las capas estabilizadas : 61.7

b) Por deformacion en capas no estabilizadas : 70.4

¿Desea guardar los resultados?

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Rev. 5.0

SECCIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas)

Seleccione las capas :

- ☒ 1.Carpeta
- ☒ 2.Base
- ☒ 3.Sub-base
- ☒ 4.Subrasante
- ☒ 5.Terracería

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0



Rev. 5.0

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)	Poisson
1.Carpeta			32000	0.35
2.Base granular (min.80%)	100	100.0	3265	0.35
4.Subrasante (min.15%)	25	20.0	1237	0.45
5.Terracería (min.3%)	20	20.0	1058	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Rev. 5.0

NIVELES DE CONFIANZA

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

Se sugiere emplear un nivel de confianza del 85% pero puede emplear otro nivel (entre 50% y 99%)

Puede cambiarlo si lo desea: %

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0



Rev. 5.0

ESPESORES DE PROYECTO PARA EL TRÁNSITO DE DISEÑO EN MILLONES DE EJES ESTÁNDAR

Diseño por deformación para un camino de altas especificaciones, con un nivel de confianza de:

85.0%

Para un tránsito de proyecto de 70.4 millones de ejes estándar.

Capa	Espesor Calculado cm	Espesor Proyecto cm
Carpeta	10.6	10.6
Base granular	38.5	38.5
Subrasante	0	40

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y el tránsito de proyecto. El diseño anterior previene contra la deformación excesiva.

El suelo de cimentación bajo la capa 5 es semi-infinito y puede coincidir con el valor de la capa de terracería.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Rev. 5.0

Introducir los valores necesarios para la base asfáltica

Tome en cuenta un espesor mínimo de 10 cm. por motivos constructivos

Capa	H(cm)	CBR	E(kg/cm ²)	Poisson
Carpeta	10.6		32000.0	0.35
Base asfáltica	15		30000	0.35
Base granular	38.5	100.0	3265.5	0.35
Subrasante	40	20.0	1058.4	0.45
Terracería	Semi-inf.	20.0	1058.4	0.45

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0



Rev. 5.0

RESUMEN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL BAJO CARGAS REPETIDAS

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton.
 Presión de contacto: 5.8 kg/cm²
 Tránsito de proyecto: 61.7 millones de ejes estándar
 Nivel de confianza: 85.0%

	Módulo	Espesor cm
Carpeta	32000	8
Base Asfáltica	30000	15
Base granular	3265	20
Subrasante	1237	30
Terracería	1058	Semi-inf.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

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

Para un tránsito de 70.4 millones de ejes estándar

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm ²	Poisson	Vida Previsible	
					Def	Fatiga
Carpeta	8.0		32000	0.35		> 150
Base Asfáltica	15		30000	0.35		89.3
Base granular	20	100.0	3265	0.35	> 150	
Subrasante	30	25.0	1237	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	20.0	1058	0.45	> 150	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	> 150	70.4
Fatiga	89.3	61.7

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

Tiene las siguientes opciones:

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0



MÉTODO MECANICISTA DEL IMT

- Considerando carga legal

IMT-PAVE 1.2 - Excel

TRÁNSITO

TDPA (veh/día) 7382

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR:
SENTIDO (FDS) = 0.5
CARRIL (FDC) = 1

HORIZONTE DE PROYECTO
Vida (años) = 15
Tasa crecimiento (%) = 4

Volumen de tránsito para el horizonte de proyecto

	Porcentaje representativo %	Num de repeticiones promedio (Ejes/Año)
SENCILLO	36.4	507,150
DUAL	13.7	190,631
TANDEM	47.2	656,418
TRIDEM	2.7	37,767

CLASIFICACIÓN VEHICULAR (%)

A	71.8	
B2	3.7	
B3	0	
C2	6.9	
C3	1.6	
T3-S2	11.4	
T3-S3	2.1	
T3-S2-R4	2.5	
Otros	0	
Suma	100.0	

IMT-PAVE

Tránsito Espectros de Carga Análisis Espectral





Resultados

IMT-PAVE1.2 - Excel

ANÁLISIS ESPECTRAL

Numero de capas: 5

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
No. Capa	Nombre Capa	Espesor (cm)	Módulo (MPa)
1	carpeta	10	3138.12
2	base asfáltica	15	2941.99
3	base hidráulica	20	320.18
4	subrasante	30	121.3
5	TN		103.75
6			
7			
8			
9			
10			

MODELO DE DETERIORO

FATIGA: IMT

DEFORMACIÓN PERMANENTE: IMT

Análisis Espectral

vida por fatiga (años) > 15

vida por deformación (años) > 15

Espectros Daño Deformación Espectros Daño Fatiga Daño Acumulado Deformación Daño Acumulado Fatiga

Tráfico Espectros de Carga Análisis Espectral



- Considerando ligera sobrecarga

IMT-PAVE 1.2 - Excel

TRÁNSITO

TDPA (veh/día) 7382

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR SENTIDO (FDS) = 0.5
CARRIL (FDC) = 1

HORIZONTE DE PROYECTO
 Vida (años) = 15
 Tasa crecimiento (%) = 4

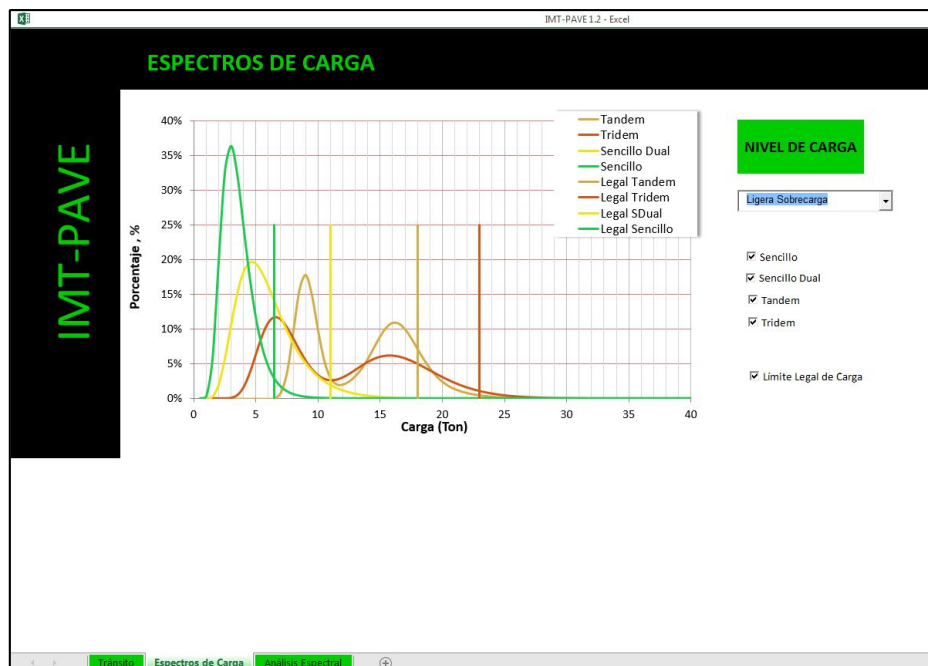
Volumen de tránsito para el horizonte de proyecto

	Porcentaje representativo %	Num de repeticiones promedio (Ejes/año)
SENCILLO	36.4	507,150
DUAL	13.7	190,631
TANDEM	47.2	656,418
TRIDEM	2.7	37,767

CLASIFICACIÓN VEHICULAR (%)

A	71.8	
B2	3.7	
B3	0	
C2	6.9	
C3	1.6	
T3-S2	11.4	
T3-S3	2.1	
T3-S2-R4	2.5	
Otros	0	
Suma	100.0	

Tránsito Espectros de Carga Análisis Espectral





Resultados

IMT-PAVE1.2 - Excel

ANÁLISIS ESPECTRAL

Numero de capas: 5

No. Capa	Nombre Capa	Espesor (cm)	Modulo (MPa)
1	carpeta	10	3138.12
2	base asfáltica	15	2941.99
3	base hidráulica	20	320.18
4	subrasante	30	121.3
5	TN		103.75
6			
7			
8			
9			
10			

MODELO DE DETERIORO

FATIGA: IMT

DEFORMACIÓN PERMANENTE: IMT

Análisis Espectral

vida por fatiga (años) > 15

vida por deformación (años) > 15

Espectros Daño Deformación

Espectros Daño Fatiga

Daño Acumulado Deformación

Daño Acumulado Fatiga

Transición Espectros de Carga Análisis Espectral



REFERENCIAS

- DOF, D. O. (2011). Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=3D5193284&fecha=3D06/06/2011
- IMT, I. M. (2013). Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt53.pdf>
- IMT, I. M. (2018). Obtenido de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#CMT>
- IMT, I. M. (2018). Obtenido de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#003>
- IMT, I. M. (2018). Obtenido de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html>
- INEGI, I. N. (2018). *Parque Vehicular*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>
- Juárez y Rico, J. B. (1984). *Mecánica de Suelos. Teoría y Aplicación de la Mecánica de Suelos tomo II*. Ciudad de México: Limusa.
- NOM, N. O. (2017). Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5508944&fecha=26/12/2017
- OMS. (2011). Obtenido de www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/spanish.pdf
- OMS. (2015). Obtenido de [http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical annexes_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical_annexes_es.pdf?ua=1)
- OMS, O. M. (2015). *Anexo Estadístico de la Organización Mundial de Carreteras*. Obtenido de [http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical annexes_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical_annexes_es.pdf?ua=1)
- OMS, O. M. (2015). *Anexo Estadístico de la Organización Mundial de Carreteras*. Obtenido de [http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical annexes_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical_annexes_es.pdf?ua=1)
- OMS, O. M. (2015). *Informe sobre la situación mundial de seguridad vial 2015*. Obtenido de http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_SPA.pdf?ua=1
- OMS, Organización Mundial de Salud. (2015). *Anexo Estadístico*. Obtenido de [http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical annexes_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/statistical_annexes_es.pdf?ua=1)
- ONU. (2010). Obtenido de <https://undocs.org/es/A/RES/64/255>
- SCT, S. d. (2013). Obtenido de Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/banners/Programa_Sectorial_de_Comunicaciones_y_Transportes.pdf



- SCT, S. d. (2017). *Principales Estadísticas del Sector Comunicaciones y Transportes*. Obtenido de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGP/estadistica/Principales-Estadisticas/PE_2017.pdf
- SCT, S. d. (2018). Obtenido de Datos Viales de la Dirección General de Servicios Técnicos: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/>
- SCT, S. d. (2018). Obtenido de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2018/08_CHIH_2018.pdf
- Técnicos, D. G. (2018). Obtenido de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_310718.pdf



CURRICULUM VITAE

Flor Sophia Alvarado Villarreal, es nacida en la Ciudad de Delicias, Chihuahua. Egresada de la Licenciatura de Ingeniería Civil por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua en el año 2009. Posteriormente, curso la Maestría en Ingeniería en Vías Terrestres por la misma Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua en el periodo 2010-2012.

Desde el año 2008 al 2012 se desempeñó en la iniciativa privada, particularmente en empresas dedicadas a la realización de proyectos de urbanización y ejecución de obras carreteras.

Es miembro activo de la Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres desde el año 2015.

Del año 2012 a la fecha, se ha desarrollado dentro de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Centro SCT Chihuahua, desempeñando el cargo de jefa de la Unidad de Estudios de la Unidad General de Servicios Técnicos.

Domicilio Permanente: <Calle Árbol del Humo #633, Fracc. Quinta Montecarlo
 <Chihuahua, Chihuahua, C.P. 31170

Esta tesis/disertación fue mecanografiada por <Flor Sophia Alvarado Villarreal.>.