

ESTUDIOS DE PROGNOSIS ESTRUCTURAL APLICANDO SIMULACIÓN MONTE CARLO

Introducción

Para la conservación de la infraestructura de un país, cada vez más es necesario implementar herramientas novedosas de evaluación no destructiva para que optimicen el análisis de su condición presente y puedan predecir la futura y, así, establecer programas de mantenimiento preventivo más eficientes y efectivos basados en las condiciones reales de operación y la degradación que tienen los elementos estructurales para prevenir que la condición sea crítica y requiera de un mantenimiento correctivo mayor. Actualmente, una de las herramientas más efectivas para los estudios de prognosis es la simulación Monte Carlo (García et al. 2011, Elishakoff 1999), la cual consiste en un proceso de generación de un conjunto de escenarios aleatorios de las condiciones de carga viva originadas por el flujo vehicular, viento y sismo, complementadas con modelos de deterioro de los elementos estructurales que conforman la estructura para calcular esfuerzos, deflexiones y deformaciones. Los resultados obtenidos son comparados con criterios de servicio, códigos de diseño, estados límite de los elementos estructurales o con normas y con ello se determina la probabilidad de falla de los elementos estructurales o el índice de confiabilidad estructural y su evolución en el tiempo. Los aspectos básicos en los estudios de simulación Monte Carlo son: la generación y calibración de un modelo de elemento finito de la estructura que representan el comportamiento estructural; la generación de las distribuciones estadísticas

que representen las condiciones normales de operación de la carga viva; las tendencias de crecimiento del flujo vehicular; y los modelos de deterioro de los materiales que conforman la estructura. Recientemente, el grupo de monitoreo estructural del Instituto Mexicano del Transporte ha desarrollado diversos estudios de prognosis estructural aplicada a puentes utilizando la simulación Monte Carlo; un ejemplo en de esto es el estudio del Puente Río Papalaoapan (Carrión et al., 2009), en el cual se implementó la metodología para calcular el índice de confiabilidad de los elementos de anclaje de los tirantes del puente antes y después de la rehabilitación de 20 de ellos considerando un escenario a 30 años. Otro ejemplo de aplicación es el estudio de prognosis desarrollado para el puente Barranca Onda (Chávez et al, 2013), el cual

CONTENIDO

ESTUDIOS DE PROGNOSIS ESTRUCTURAL APLICANDO SIMULACIÓN MONTE CARLO	1
DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO EN LA REGIÓN DEL CORREDOR TRANSÍSTMICO	7
INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	16
GLOSARIO	23
PROYECTOS EN MARCHA	24
PUBLICACIÓN	25
EVENTOS ACADÉMICOS	26

sirvió para conocer el nivel de esfuerzos que se pueden alcanzar en los próximos treinta años por el incremento del flujo vehicular en la carretera y finalmente, la utilización de la metodología para incorporar modelos de deterioro en puentes de concreto reforzado (Crespo et al. 2011) y puentes de concreto pre-esforzados (Rodríguez et al. 2013).

Aspectos principales de la simulación Monte Carlo

Modelo de Elemento finito de la Estructura

Actualmente, los modelos de elemento finito son una herramienta muy poderosa y flexible para el análisis estructural que hacen posible el análisis de un sinnúmero de condiciones, que de otra forma, resulta casi imposible. Por ello, para calcular las respuestas de una estructura en estudios de simulación Monte Carlo se emplean modelos de elemento finito que, para que sus resultados sean confiables y coincidan con la realidad, estos modelos deben ser calibrados para que represente adecuadamente el comportamiento y respuesta de la estructura real. Es por esto que,

una etapa primordial de los estudios utilizando Simulación Monte Carlo es la generación y calibración de un modelo de elemento finito para que represente adecuadamente el estado de esfuerzos y deformaciones provocados por las solicitaciones en la estructura y la respuesta dinámica originada por la magnitud de las cargas vivas en función del tiempo cuando inciden sobre la estructura (Quintana et al.). Para calibrar un modelo de simulación es necesario conocer en detalle la geometría de la estructura, los materiales que la conforman, representar las condiciones de frontera reales y ajustar todos estos parámetros estructurales a través de pruebas experimentales (estáticas y/o dinámicas). La calibración de los parámetros estructurales se puede realizar utilizando diversos métodos optimización; con algunos, los parámetros estructurales se ajustan uno a la vez hasta minimizar una función objetivo u otros, que aplican métodos inversos, se minimiza una función objetivo actualizando, simultáneamente, toda la información del modelo estructural por cada iteración hasta alcanzar un valor mínimo aceptable.

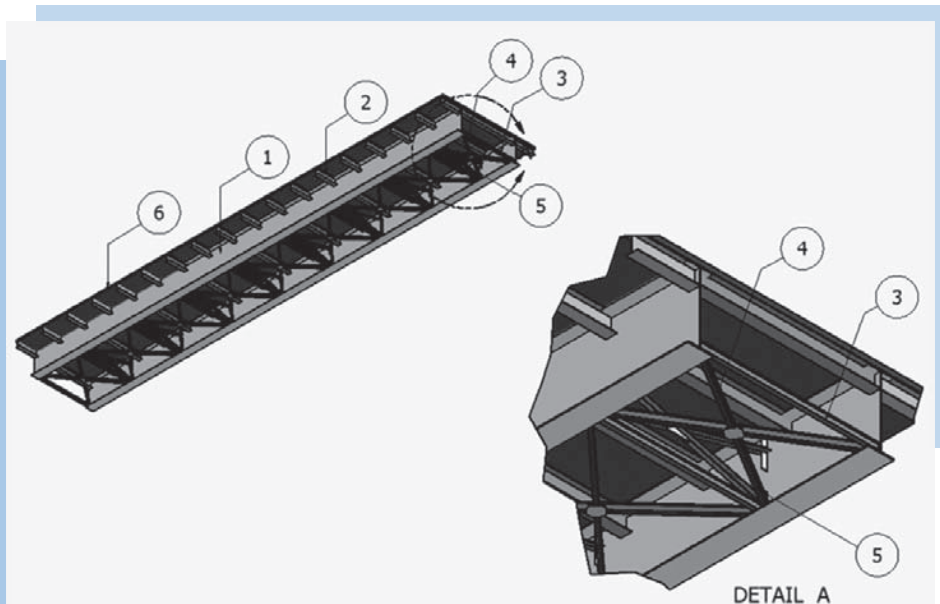


Figura 1
Modelo geométrico del Puente Barranca Honda



Figura 2
Prueba dinámica experimental con condiciones de tráfico controladas en el

Generalmente, para la calibración dinámica de la estructura se recurre a una prueba experimental, que puede ser controlada o puede ser bajo condiciones normales de operación. En el primer caso, se utilizan con mayor recurrencia las respuestas dinámicas experimentales ante una fuerza de excitación conocida; mientras que en el segundo caso, se emplean los valores de las frecuencias naturales y modos de vibrar. En la figura 1 se muestra el modelo geométrico del puente Barranca Honda y en la figura 2, una prueba experimental dinámica realizada en el puente Río Papaloapan.

Generación de las distribuciones estadísticas por carga Viva

Las distribuciones estadísticas que describen el comportamiento del tránsito vehicular y el viento, se obtienen de información procedente de dos fuentes: registros directos obtenidos del puente en estudio y datos estadísticos de los estudios sobre pesos y dimensiones hechos en toda la red federal de carreteras (Gutiérrez, 2002). La primera

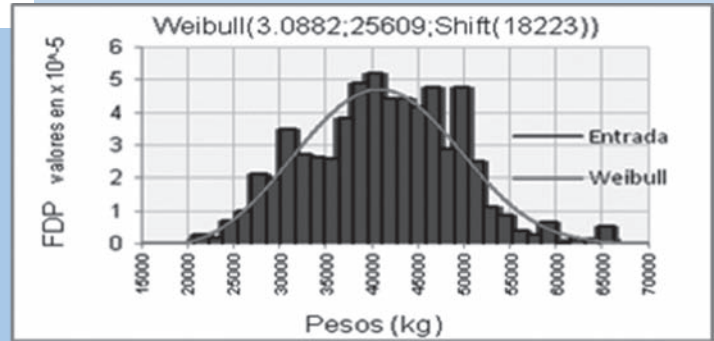


Figura 3
Distribución estadística de la carga total transportada de los vehículos T3-S2 puente

fuerza de información se integra básicamente de aforos vehiculares y registros en video obtenidos en diferentes periodos del día, en diferentes días. Con la información anterior se determinan los porcentajes de ocupación del puente (ninguno, uno o varios vehículos simultáneamente), la probabilidad de ocupación de cada uno de los carriles y cuerpos del puente, y el tipo de vehículo que circula por cada carril. De la segunda fuente de información se generan las distribuciones estadísticas de peso transportado por tipo de vehículo. Adicionalmente, de las estaciones meteorológicas se determina la distribución estadística de las velocidades del viento.

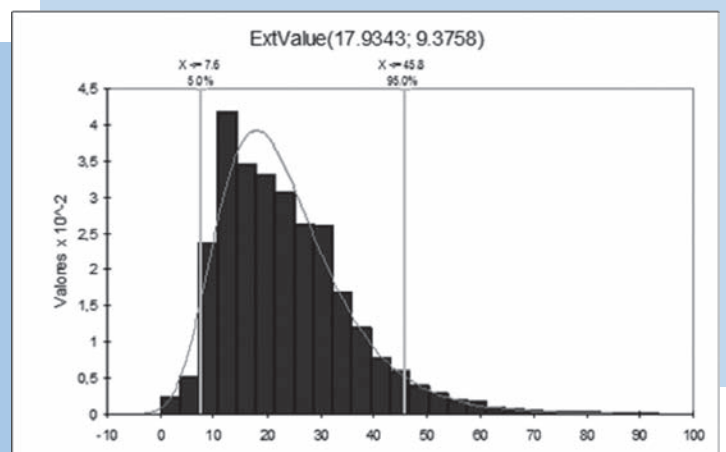


Figura 4
Distribución estadística de la velocidad del viento (km/h) registrada en el Puerto de Alvarado Río Papaloapan Honda

Con toda esta información es posible generar todos los datos estadísticos referentes a solcitaciones por cargas vivas. Las figuras 3 y 4 muestran distribuciones estadísticas típicas para un vehículo de craga del tipo T3-S3 y la distribución estadística de las velocidades del viento respectivamente.

Modelos de Deterioro

Por sus condiciones de servicio, los puentes carreteros son sistemas estructurales susceptibles a presentar deterioro por diferentes causas; una de ellas es por efecto de la fatiga por los patrones de carga cíclica provocados por el paso de los vehículos. Este fenómeno trae como consecuencia cambios graduales y acumulativos en la micro estructura de los materiales sometidos a la repetición de ciclos de esfuerzo, y desde la perspectiva de la mecánica de fractura elástica lineal, estos procesos se manifiestan a través de la propagación de micro grietas y grietas dentro del material. Diversos modelos

planteados en esta área, se han aplicado a puentes de distintos materiales.

Para el análisis del fenómeno de la fatiga en puentes de concreto reforzado (Crespo, 2011), fue implementado el modelo de Slowik, expresión derivada de la ley de Paris que considera el efecto de la influencia de la historia y secuencia de carga, el efecto de aceleración de las sobrecargas y los efectos del tamaño del espécimen del material. Por otro lado, este mismo fenómeno ha sido estudiado en puentes de concreto presforzado (Rodríguez, 2013), utilizando complementariamente el modelo de Slowik y la expresión de Hagenberger para estimar la evolución de defectos en el concreto y el deterioro estructural del acero de presfuerzo. En otro caso particular, para la evaluación del deterioro de los elementos de anclaje de acero de los tirantes del puente Río Papaloapan se utilizó el modelo de Paris para un estudio de prognosis y de confiabilidad del puente (Carrión, 2009).

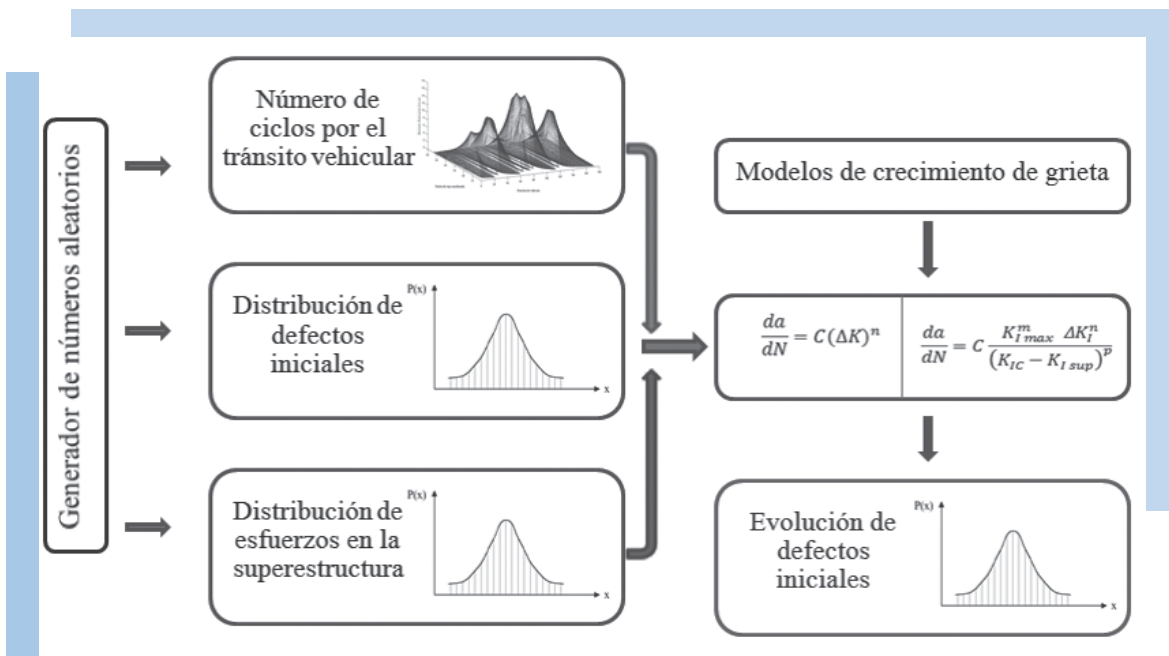


Figura 5
Metodología para el análisis de la evolución de defectos en puentes

En los análisis descritos anteriormente, la evolución de estos defectos fue hecha a través de simulación Monte Carlo con información estadística del tamaño de estos defectos iniciales, de esfuerzos inducidos por el tránsito vehicular, y de los ciclos de carga producidos por los mismos, implementando diversos modelos de crecimiento de grieta para los distintos materiales de composición de los puentes en estudio (Figura 5). La simulación en el tiempo de este fenómeno, permite analizar el grado de deterioro estructural que presentarían estos sistemas estructurales sujetos a distintos escenarios de tránsito y distintas condiciones de degradación de sus elementos.

A pesar de los resultados obtenidos, se reconoce la necesidad de acoplar mecanismos de deterioro estructural relevantes que dependen de factores ambientales, como lo es la corrosión, con el fin de dar un diagnóstico más realista de la condición estructural de estos sistemas y así, las metodologías planteadas puedan consolidarse como una herramienta más de evaluación de la integridad de nuestra infraestructura carretera en los sistemas de gestión de puentes.

Implementación de la simulación Monte Carlo

Una vez calibrado el modelo de elemento finito de la estructura, obtenida la información

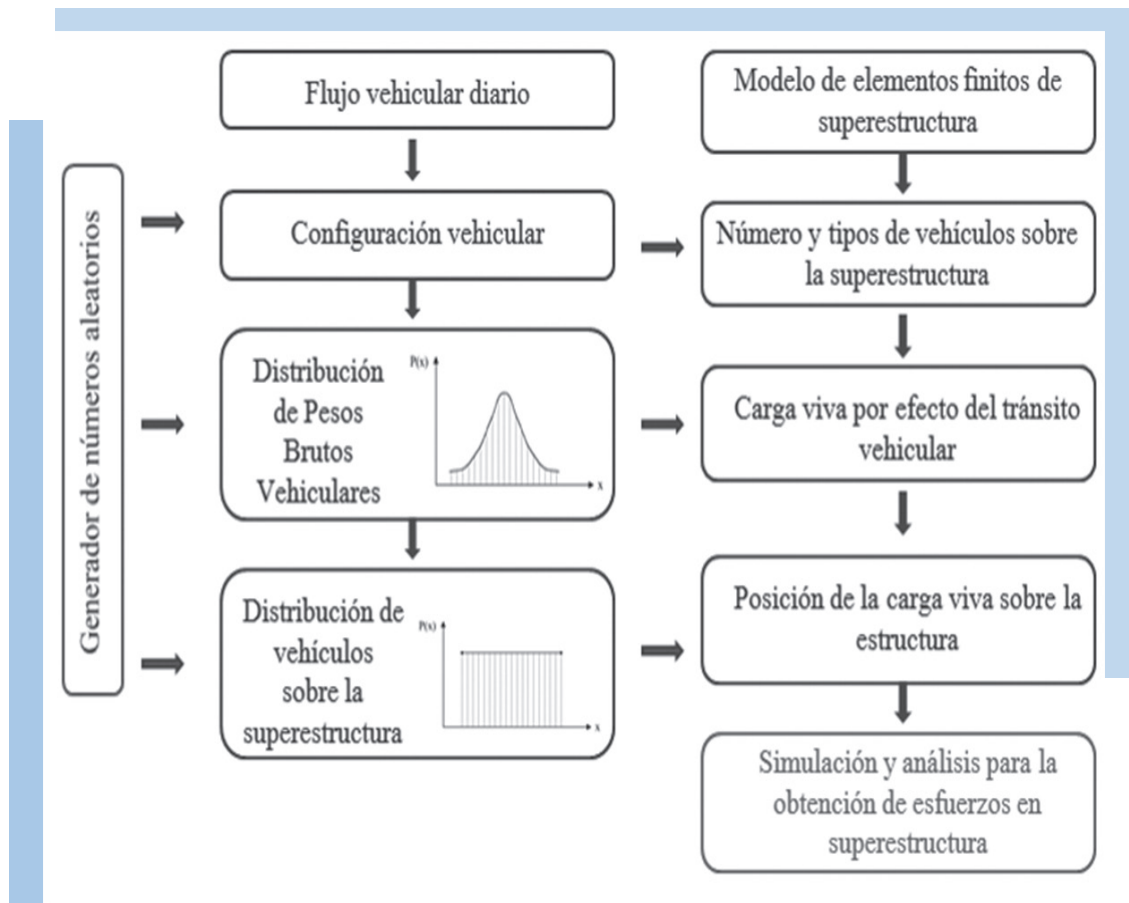


Figura 5
Diagrama de flujo implementado para calcular las proyecciones de esfuerzos en 30 años en el puente Barranca Honda

estadística referente al flujo vehicular (porcentaje de ocupación en el puente en un instante dado, tipo de vehículos que circulan, distribución estadística del peso transportado por tipo de vehículo, tasa de crecimiento anual, etc.), carga viva originada por viento e implementación de modelos de deterioro de acuerdo a los mecanismos de degradación de los materiales que conforman la estructura, se integran todos los módulos para generar escenarios de tráfico aleatorios presentes y futuros, de los cuales se obtiene información como nivel de esfuerzos, deformaciones, deflexiones, extensión de un daño localizado en el tiempo etc. En la figura 6 se puede ver un diagrama de flujo para calcular las proyecciones de esfuerzos en el Puente Barranca Honda. Una parte importante de los resultados obtenidos de la simulación Monte Carlo es el comparar los valores con valores determinados por normas, códigos de diseño, estados límite de los materiales que constituyen la estructura.

Conclusiones

Los estudios realizados utilizando simulación Monte Carlo han demostrado que pueden ser considerados para realizar pronósticos del comportamiento de los parámetros estructurales de manera confiable. La información puede ser utilizada para generar programas de mantenimiento preventivo que ayuden a la conservación de la infraestructura carretera.

La confiabilidad de la información depende principalmente de tener un modelo calibrado de elemento finito de la estructura, las distribuciones estadísticas reales que representen las sollicitaciones en la estructura, y un modelo de deterioro que represente como se degradan los materiales en el tiempo o como se extiende, incrementa o mantiene el daño.

Los estudios realizados aún pueden ser complementados agregando módulos de deterioro que representen otros mecanismos de falla, como por ejemplo la pérdida de rigidez y agrietamiento por corrosión, contabilizar en el tiempo el número de ciclos por carga en puentes atirantados e incluso evaluar el deterioro posible de la estructura ante el efecto de cargas sísmicas simuladas de diferente magnitud.

Referencias

García José, Ferregut Carlos, Guo Shu, Michel Cowan, (2011) *Probabilistic structural health assessment of aerospace structures*, 5th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHMII-5), Cancún, México.

Elishakoff Isaac., (1999) *Probabilistic theory of structures*, Dover Science books, Mineola New York, Second Edition.

Carrión, F. J., López, J. A., Quintana, J. A. y Orozco, P. R., (2009), *Asesoría para la rehabilitación y estudio de integridad de los elementos de anclaje superior del Puente Río Papaloapan*, Informe de Investigación del Instituto Mexicano del Transporte, Proyecto EE01/04, Sanfandila, Querétaro.

Chávez Ayvar Félix, Quintana-Rodríguez J. A., Carrión-Viramontes F.J., Saúl Enrique Crespo Sánchez, (2013) *Metodología para pronóstico de cargas vivas en puentes*, XIX Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Pachuca, Hidalgo, México del 25 al 27 de Septiembre 2013.

Crespo S.E., Carrión, F. J., Pérez Lara M.A., (2011), *Analysis of deterioration due to fatigue and prognosis of a typical concrete bridge, using Monte Carlo simulation*, 5th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHMII-5), Cancún, México.

Rodríguez D., Carrión, F. J., Pérez Lara M.A., (2013), *Modelo para el pronóstico del deterioro por fatiga de un puente de concreto presforzado con agrietamiento*, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Quintana J. A., Samayoa D., Carrión F., Hernández A., Crespo S. E., López J. A. (2012). *Análisis del método de búsqueda global para la detección de daño y monitoereo estructural de puentes*. Publicación técnica 367 del Instituto Mexicano del Transporte.

Gutiérrez J. L. , Mendoza Díaz A (2002)., *Análisis estadístico de la información recopilada en las estaciones instaladas en el 2002*. Documento técnico número 31 del Instituto Mexicano del Transporte.

QUINTANA Juan
jaquitana@imt.mx
CRESPO Saúl
screspo@imt.mx
CARRIÓN Francisco
carrion@imt.mx
Agradecimientos:
RODRÍGUEZ Daniel
drodriguez@imt.mx

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO EN LA REGIÓN DEL CORREDOR TRANSÍSTMICO

Introducción

El objetivo general de este trabajo es realizar una descripción analítica de la evolución reciente de las principales características socio-demográficas de los municipios que están dentro de la zona de influencia del Corredor Transístmico, a partir del procesamiento de la información detallada disponible. Esta información es contrastada con la correspondiente a los niveles estatal y federal, para tener la referencia de la situación social de los habitantes de dicha zona de influencia.

El análisis cubre la información correspondiente a aquellos municipios¹ que quedan dentro del hinterland del corredor intercostero que va de Coatzacoalcos a Salina Cruz. El análisis estadístico² sólo considerará el periodo 2000-2010 y está sujeto a la información disponible de dependencias oficiales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional del Agua, Comisión de Agua Potable y Alcantarillados del Estado, Instituto de Salud del Gobierno del Estado de Oaxaca e Instituto de Salud del Gobierno del

Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y, la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

La figura 1 muestra la zona del corredor transístmico; los municipios que se encuentran dentro del corredor están resaltados de color amarillo, dentro de las dos entidades federativas que están en color verde.

El documento será orientado a la presentación de un conjunto de acciones en materia de infraestructura y servicios, seleccionados en términos de una integración al potencial económico y social de la región. En ese sentido, proponemos elegir variables clave en el análisis y conformación de la estrategia integral de desarrollo económico regional productivo del proyecto. Así, esperamos tener elementos para la identificación de rezagos en el desarrollo socioeconómico, pero también de

¹ El estudio comprende el análisis de 64 municipios, 38 corresponden al estado de Oaxaca y 26 al estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

² Se construye una matriz de datos de 99 variables para el análisis de datos a nivel municipal.

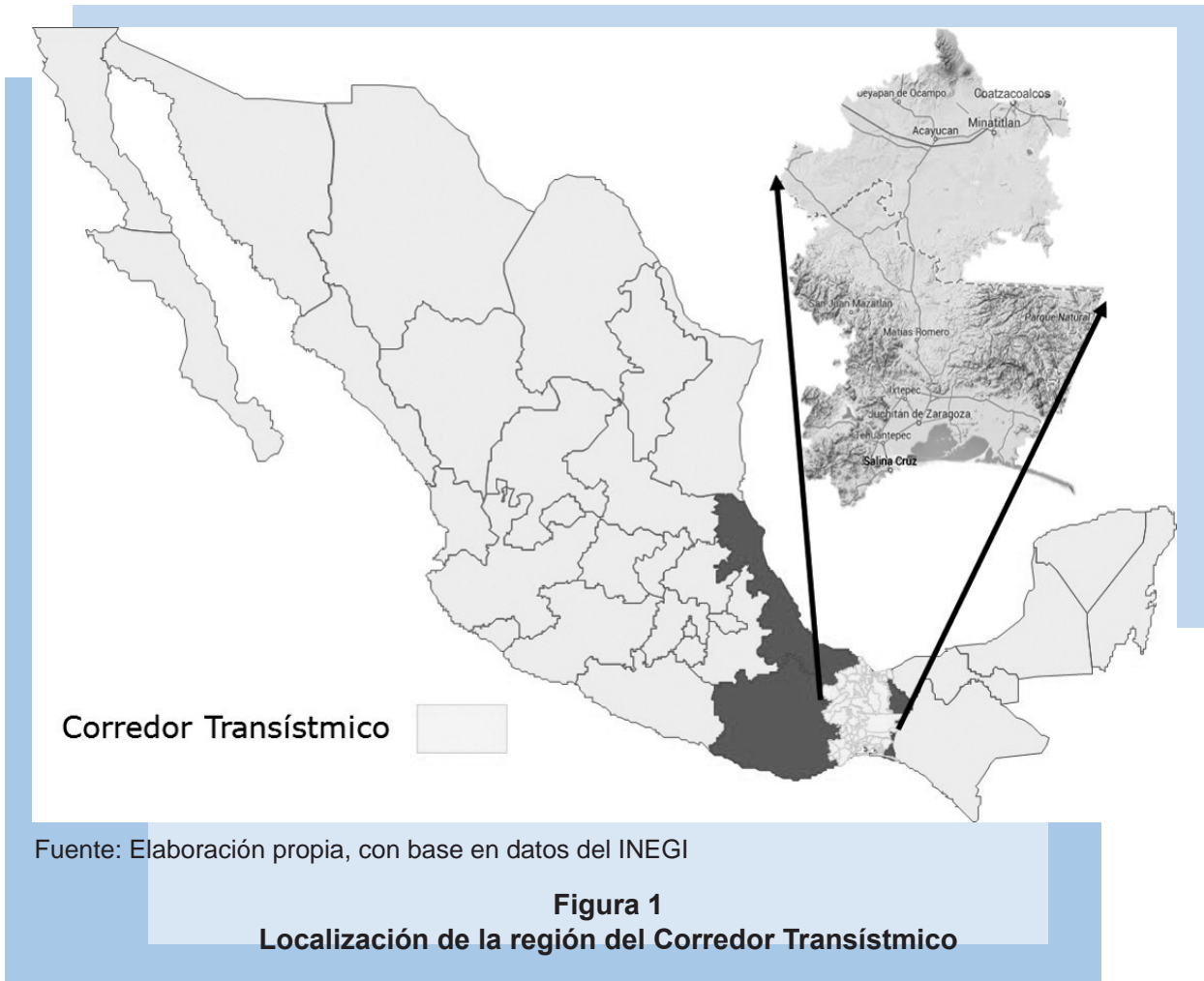


Figura 1
Localización de la región del Corredor Transístmico

las potencialidades de la población habitante en el Istmo de Tehuantepec.

Oaxaca: perfil socioeconómico

El estado de Oaxaca se localiza al sur del país, está compuesto por ocho regiones, éstas son: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloápam, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales; y por 30 distritos distribuidos en toda la región; el estado está integrado por 570 municipios; colinda al norte con Puebla y Veracruz de Ignacio de la Llave, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero. Su distribución territorial respecto a la superficie del estado es de 93,793.3 kilómetros cuadrados; el porcentaje en el total nacional es de 4.8.

La población total de la entidad federativa tuvo una tasa de crecimiento promedio anual de 1.01%, pasó de 3,438,765 personas en el año 2000 a 3,801,962 personas en 2010. Los 38 municipios que comprenden el estudio para el corredor del Istmo representan aproximadamente el 16% de la población de esta entidad federativa, cuyo crecimiento fue de 545,320 personas en 2000 a 597,359 personas en 2010.

Los municipios de Oaxaca en el corredor del Istmo, que cuentan con mayor población son: Salina Cruz, Juchitán de Zaragoza y Santo Domingo Tehuantepec, para ambos periodos; los municipios con menor población son: Santo Domingo Chihuitán, Magdalena Tlacotepec y San Miguel Tenango en el mismo tiempo.

También, observamos que en promedio poco más del 50% de la población de los municipios analizados son mujeres, para ambos lapsos; sin embargo, en promedio, entre el 19 y el 21% de los hogares son con jefatura femenina. Esto podría deberse a dos factores: por un lado, que la población masculina está emigrando en búsqueda de mejores oportunidades de empleo; y, por otra parte, que aun cuando poco más del 50% de la población es femenina, solo un 20% aproximado son jefas de hogar, lo cual podría deberse a que el resto reciben sus ingresos de su contraparte masculina.

Respecto a los hogares censales, el análisis muestra de manera general que para los 38 municipios de Oaxaca en el corredor del Istmo, hubo un crecimiento promedio total de las viviendas particulares habitadas, del 2.34%; pasaron de 124,344 viviendas en 2000 a 156,695 en 2010; no así para el promedio de ocupantes, pues este tuvo una tasa promedio anual de crecimiento para el periodo 2000-2010 de -1.38 por ciento; en promedio los ocupantes de las viviendas particulares habitadas disminuyeron, ya que pasaron de 4.4 ocupantes en el año 2000 a 3.8 ocupantes en el año 2010.

En lo que se refiere a viviendas, el análisis de datos muestra dos aspectos importantes con que cuentan las viviendas particulares habitadas de estos 38 municipios; por un lado observamos que en promedio poco más del 70% de las viviendas particulares cuentan con

piso diferente de tierra, para ambos periodos, pues han tenido un ligero crecimiento en promedio de 1.49%; por otro lado, el porcentaje de las viviendas que disponen de agua de la red pública tuvieron un ligero incremento en sus tasas de crecimiento del 0.50%, pasaron del 73.8 al 77.6% de 2000 a 2010.

El análisis de datos muestran también los servicios de que disponen las viviendas particulares habitadas de los municipios y sus respectivas tasas de crecimiento. Los servicios públicos son esenciales para los habitantes; ya que, por ejemplo, el abastecimiento del agua potable de la red pública, su dotación y cobertura constituye uno de los Objetivos del Desarrollo del Milenio³. Así, el porcentaje de las viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje, de sanitario y de energía eléctrica; los tres indicadores mostraron un ligero incremento en esos diez años de 3.45, 1.72 y 0.45 por ciento respectivamente. Por su parte, las tomas domiciliarias de agua entubada y las tomas instaladas de energía eléctrica, mostraron ligeros incrementos en promedio de sus tasas de crecimiento de 2.34 y 4.63 por ciento respectivamente.

Otra variable relevante para el estudio sociodemográfico de la región es la variable de educación escolar; pues esta favorece a alcanzar los conocimientos, las habilidades y las competencias para el desarrollo individual y social; es un medio para generar transformaciones en la sociedad, que se

³ En septiembre del año 2000 se celebró, en Nueva York; la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas (ONU). En dicho evento, los jefes de estado y de gobierno de 189 naciones se comprometieron con el contenido de la Declaración del Milenio; para alcanzar, cuando mucho en 2015, lo que se denominaron los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). El propósito de los ODM es erradicar la pobreza extrema y el hambre, lograr la enseñanza primaria universal, promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer, reducir la mortalidad infantil y materna, mejorar la salud reproductiva, intensificar la lucha contra el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y crear una alianza mundial para el desarrollo. Los ODM buscan atender las necesidades humanas más apremiantes y los derechos fundamentales que todos los seres humanos deberían disfrutar. Por este motivo, y por primera vez en la historia de la ONU, definieron metas e indicadores con el propósito de medir el grado de avance y cumplimiento de los 8 objetivos establecidos, y así dar puntual seguimiento a las mejoras en la calidad de vida de cientos de millones de personas en todo el mundo. www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx

reflejan en progreso para la comunidad; pues esto se ve reflejado en el plano laboral dentro del mercado formal, lo cual contribuye a la productividad económica del país. El primer resultado respecto de estas variables es que, en promedio, menos del 50% de la población de 5 años y más cuenta con primaria, para ambos periodos de estudio; este indicador es relevante pues muestra la habilidad que tiene la población de estos municipios, de por lo menos saber leer y escribir; indicador básico para medir el nivel de bienestar de la población. También observamos que hubo una caída en este indicador de -1.30% anual al pasar de 44.6% en 2000 a 39.2% en 2010, esto pudiera deberse no a un retroceso sino más bien a un avance en los niveles de escolaridad, pues el porcentaje de población de 18 años y más con nivel profesional tuvo una tasa de crecimiento promedio anual positiva de 7.36%, pasó de 2.7 a 5.5%. Lo mismo que para la población de 18 años y más, con posgrado; pues tuvo un ligero incremento en promedio en el porcentaje al pasar de 0.1% a 0.2%. Aun así, el porcentaje de población con escolaridad está por debajo del 50% para ambos periodos.

Por otra parte, el grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años, tiene en promedio entre el 5.2 y 6.6 grados de escolaridad, para los años 2000 y 2010 respectivamente; lo cual indica que en promedio el grado de escolaridad de la población de 15 años y más tienen la primaria. Otro indicador que aparece es sobre el total de escuelas en educación básica y media superior, el cual tuvo una tasa de crecimiento promedio anual de 1.13%, pasó de 1,497 en 2003 a 1,619 escuelas en 2010; los municipios con menor número de escuelas (tan solo 3 planteles) fueron Magdalena Tlacotepec y Santo Domingo Chihuitán; por otra parte los municipios con mayor número de escuelas fueron: Salina Cruz, Juchitán de Zaragoza, Matías Romero Avendaño y Santo Domingo Tehuantepec

Respecto a los servicios de salud, la Organización Mundial de Salud (OMS) establece que, más allá de una necesidad básica, la salud y el acceso a los servicios relacionados con ésta son derechos fundamentales para cualquier persona⁴. Los servicios de salud son definidos como las acciones realizadas en beneficio del individuo y de la sociedad en general, dirigidas a proteger, promover y restaurar la salud de la persona y de la colectividad⁵. Los datos muestran que de la población derechohabiente a servicios de salud para el año 2000, el 52.13% tenía servicio en el IMSS y el 27.64% en ISSSTE e ISSSTE estatal; para el 2010, la población derechohabiente a servicios de salud del IMSS era del 22.11% y la población con acceso al ISSSTE e ISSSTE estatal fue del 12.95%. Podemos observar que la tasa anual de crecimiento del 2000 al 2010 la población derechohabiente creció en promedio anual el 10.17% pasando de 159,092 en 2000 a 419,110 derechohabientes en 2010. Así vemos que la población sin derechohabencia a servicios de salud disminuyó al pasar 378,838 en 2000 a 236,802 personas, la tasa de crecimiento anual fue del -4.59%.

Por otra parte, tenemos también a las familias beneficiadas por el Seguro Popular; estas tuvieron una tasa anual de crecimiento de 22.24% en 4 años, pasaron de 48,068 en 2006 a 107,332 familias beneficiadas en 2010. Los municipios con mayor número de familias beneficiadas por el Seguro Popular fueron Salina Cruz, Juchitán de Zaragoza, Santo Domingo Tehuantepec y Matías Romero Avendaño -por otra parte-; los municipios con menor número de familias beneficiadas fueron: San Miguel Tenango, Reforma de Pineda y Magdalena Tlacotepec; aun así, estos municipios tuvieron una tasa anual de

⁴ Organización Mundial de la Salud (2007), El derecho de la salud, Nota descriptiva, No.323.

⁵ Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

crecimiento favorable del 139.68, 230.28 y 257.31% respectivamente; pasaron los tres municipios de una familia beneficiada por el Seguro Popular a 33, 119 y 163 familias respectivamente; pero estos tres municipios no fueron los únicos casos de tasas favorable de crecimiento, pues hubo cinco municipios más que solo tenían una familia beneficiaria del Seguro Popular, en el año 2006, y para el año 2010 tuvieron tasas favorables de crecimiento.

En cuanto al personal médico, en promedio hubo una tasa anual de crecimiento del 4.37%; fue de 615 en 2000 a 943 médicos en 2010. Los municipios con mayor número de personal médico, para ambos periodos fueron: Salina Cruz, Juchitán de Zaragoza, Santo Domingo Tehuantepec, Matías Romero Avendaño, San Juan Cotzocón, Ciudad Ixtepec y San Juan Guichicovi; los demás municipios tienen entre 1 y 7 médicos. Respecto al número de unidades médicas, los municipios que cuentan con el mayor número de estas son básicamente los mismos que el de mayor personal médico, a excepción de Ciudad Ixtepec y Matías Romero Avendaño; en promedio, la tasa anual de crecimiento de las unidades médicas 2000-2010 fue de 2.68%.

Finalmente, para el análisis del desarrollo humano y social, tomamos en cuenta a las familias beneficiadas por el Programa de Desarrollo Humano Oportunidades, así como el monto de los recursos ejercidos por dicho programa en los municipios comprendidos en el Corredor del Istmo. La función del programa Oportunidades, de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social, es la de coordinar acciones interinstitucionales para contribuir a la superación de la pobreza, mediante el desarrollo de las capacidades básicas de las personas y su acceso a mejores oportunidades de desarrollo económico y social; es un programa coordinado que articula incentivos para educación, para la salud y para la

nutrición, con el fin de promover el desarrollo de capacidades de las familias en extrema pobreza⁶.

Para el año 2001, las familias beneficiadas por el programa de desarrollo humano Oportunidades fueron de 41,178; el que tuvo, en promedio, una tasa de crecimiento anual 2001-2010 de 3.40% reflejada en las 14,436 familias que se incorporaron al programa para 2010. Los municipios que más familias beneficiadas tuvieron fueron: San Juan Mazatlán, San Juan Cotzocón, San Juan Guichicovi, Matías Romero Avendaño, Juchitán de Zaragoza y Santo Domingo Tehuantepec; por otra parte, los municipios con menor número de familias beneficiadas por el programa Oportunidades fueron: San Miguel Tenango, Santo Domingo Chihuitán y Santiago Laollaga.

En lo relacionado con el monto de los recursos ejercidos por el programa de desarrollo humano Oportunidades, tuvo en promedio una tasa de crecimiento anual -del 2001 al 2010- de 18.66%. Los municipios que contaron con una asignación menor de recursos fueron: San Pedro Comitancillo, Reforma de Pineda, Magdalena Tlacotepec, El Espinal y Santo Domingo Chihuitán.

Veracruz de Ignacio de la Llave: perfil socioeconómico

El estado de Veracruz de Ignacio de la Llave⁷ está integrado por 212 municipios; colinda al norte con Tamaulipas y el Golfo de México, al este con el Golfo de México, Tabasco y Chiapas, al sur con Chiapas y Oaxaca y al este con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí. Su distribución territorial respecto a la superficie del estado es de 71,820.4

⁶ Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Programa de Desarrollo Humano Oportunidades, 2010.

⁷ En adelante sólo Veracruz

kilómetros cuadrados; el porcentaje en el total nacional es de 3.7.

La población de la entidad federativa tuvo una tasa de crecimiento anual de 1.02%, pasó de 6,908,975 personas en el año 2000 a 7,643,194 personas en 2010. Los 26 municipios que comprenden el estudio para el corredor del Istmo representan aproximadamente el 16% de la población de esta entidad federativa, la cual creció de 1,110,191 personas en 2000 a 1,209,446 personas en 2010.

Los municipios de Veracruz en el corredor del Istmo que cuentan con mayor población son: Coatzacoalcos, Minatitlán, Cosoleacaque, Acayucan y Playa Vicente -para ambos periodos-; los municipios con menor población son: Zaragoza, Soconusco, Oteapan, Tatahuicapan de Juárez y Oluta, en ambos lapsos.

Así mismo, podemos observar que en promedio poco más del 50% de la población de los municipios analizados son mujeres para los dos periodos; sin embargo, en promedio, entre el 19.6 y el 23.6% de los hogares son con jefatura femenina. Esto pudiera deberse a dos factores: por un lado, que la población masculina está emigrando en búsqueda de mejores oportunidades de empleo; y, por otra parte, que aun cuando poco más del 50% de la población es femenina, solo un 20% aproximado son jefas de hogar, lo cual podría deberse a que el resto reciben sus ingresos de su contraparte masculina.

Respecto al total de viviendas particulares habitadas y el promedio de ocupantes en los años 2000 y 2010, así como su tasa anual de crecimiento, observamos de manera general que para los 26 municipios de Veracruz en el corredor del Istmo tuvo una tasa anual de crecimiento del total de las viviendas particulares habitadas, entre 0.1 y el 3.9%; pasó de 261,351 viviendas

en 2000 a 325,368 en 2010, en promedio su tasa anual de crecimiento fue de 2.22%; no así para el promedio de ocupantes, pues este tuvo una tasa anual de crecimiento -para el periodo 2000-2010- de -1.4%; en promedio los ocupantes de las viviendas particulares habitadas disminuyeron, pues pasaron de 4.5 ocupantes en el año 2000 a 3.9 ocupantes en el año 2010. Observamos que el promedio de ocupantes para los 26 municipios disminuyó; y, de manera general, que para la entidad federativa en su totalidad también disminuyó, al registrar una tasa de crecimiento anual 2000-2010 de -1.23%.

Respecto a las condiciones de vivienda, vemos que en promedio entre el 68.4 y el 87.3% de las viviendas particulares cuentan con piso diferente de tierra para 2000 y 2010, respectivamente, hubo un crecimiento anual promedio de 2.5%. Mientras que la disponibilidad de agua de la red pública también tuvo un incremento en sus tasas de crecimiento anual del 1.88, pasó del 49.9 al 60.1%. Llama la atención el municipio de Oteapan, pues registró un porcentaje muy bajo de disponibilidad de agua de la red pública de 1.3 por ciento en 2000 y 13.9 por ciento para 2010.

Respecto a los servicios de que disponen las viviendas particulares habitadas de los municipios y sus respectivas tasas de crecimiento, podemos observar que el porcentaje de las viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje, de sanitario y de energía eléctrica, mostraron un incremento en su tasa anual de crecimiento -de 2000 a 2010- de 2.9, 1.5 y 1.0 por ciento respectivamente. Por su parte, las tomas domiciliarias de agua entubada y las tomas instaladas de energía eléctrica, con una tasa de crecimiento promedio anual de 4.79 y 4.01 por ciento, respectivamente.

Respecto a la variable educación, los datos muestran que -en promedio- menos del 50%

de la población de 5 años y más cuenta con primaria, para ambos periodos de estudio. También vemos que hubo una caída en este indicador, de 1.4% anual; al pasar de 45.1% en 2000 a 39.3% en 2010; esto podría deberse no a un retroceso, sino más bien a un avance en los niveles de escolaridad, pues el porcentaje de población de 18 años y más con nivel profesional tuvo una tasa de crecimiento anual positiva de 6.9%, al pasar de 2.8% en 2000 a 5.5% en 2010. Lo mismo sucedió con la población de 18 años y más con posgrado, pues tuvo un ligero incremento en promedio en el porcentaje pasando de 0.1% en 2000 a 0.2% en 2010. Aun así, el porcentaje de población con escolaridad está por debajo del 50% para ambos periodos.

Por su parte, al grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años, tiene un nivel de escolaridad de 5.4 y 6.8 para los años 2000 y 2010, respectivamente; lo cual indica que en promedio el grado de escolaridad de la población de 15 años y más tienen la primaria. Otro indicador es sobre el total de escuelas en educación básica y media superior, el cual tuvo una tasa de crecimiento anual de 0.6%; pasó de 3,220 en 2000 a 3,403 escuelas en 2010; los municipios con menor número de escuelas fueron: Zaragoza, Oteapan, Oluta, Soconusco y Nanchital de Lázaro Cárdenas; por otra parte, los municipios con mayor número de escuelas fueron: Minatitlán, Coatzacoalcos, Playa Vicente, Acayucan y Jesús Carranza.

Respecto a la información de la situación que guarda la población derechohabiente y las instituciones a las que acuden, encontramos que de la población derechohabiente a servicios de salud para el año 2000, el 63.37% tenía servicio de salud en el IMSS y el 8.30% al ISSSTE e ISSSTE estatal; para el año 2010, la población derechohabiente a servicios de salud del IMSS era del 38.51% y la población con acceso al ISSSTE e ISSSTE estatal fue del 5.18%. La tasa anual de crecimiento del

2000 al 2010 de la población derechohabiente creció, en promedio, 6.96%; ya que pasó de 378,504 en 2000 a 741,937 derechohabientes en 2010. La población sin derechohabiencia a servicios de salud disminuyó de 719,601, en 2000, a 454,722 personas; la tasa de crecimiento anual fue del -4.49 por ciento.

Por otra parte, las familias beneficiadas por el Seguro Popular tuvieron una tasa anual de crecimiento de 38.78% en 6 años, pasaron de 31,884 en 2004 a 227,812 familias beneficiadas en 2010. Los municipios con mayor número de familias beneficiadas por el Seguro Popular fueron Minatitlán, Cosoleacaque, Soteapan y Agua Dulce; por otra parte, los municipios que no contaron con ese apoyo para el año 2004 fueron: Juan Rodríguez Clara, Playa Vicente y Chinameca; sin embargo, para el año 2010 estos municipios tuvieron las tasas anuales de crecimiento más altas siendo éstas del 557.8, 578.4 y 472.6 por ciento respectivamente; los tres municipios pasaron de cero familias beneficiadas por el Seguro Popular a 8,102; 9,747 y 3,524 respectivamente; de manera general, todos los municipios comprendidos en el corredor del Istmo tuvieron tasas positivas de crecimiento anual 2004-2010.

En cuanto al personal médico, los datos muestran que -en promedio- hubo una tasa anual de crecimiento del 2.61%, al pasar de 1,321 en 2000 a 1,709 médicos en 2010. Los municipios con mayor número de personal médico para ambos lapsos fueron: Coatzacoalcos, Minatitlán, Nanchital de Lázaro Cárdenas, Agua Dulce, Acayucan y Jáltipan. Respecto al número de unidades médicas, los municipios que cuentan con el mayor número de estas son básicamente los mismos que el de mayor personal médico, a excepción de Playa Vicente; en promedio la tasa anual de crecimiento de las unidades médicas 2000-2010 fue de 0.81%.

Finalmente, el análisis de las familias beneficiadas por el Programa de Desarrollo

Humano Oportunidades, y el monto de los recursos ejercidos por dicho programa en los municipios comprendidos en el Corredor del Istmo, muestra que para el año 2000 las familias beneficiadas por el programa de desarrollo humano Oportunidades fue de 43,234 familias, en promedio tuvo una tasa de crecimiento anual 2000-2010 de 8.30% reflejada en las 52,719 familias que se incorporaron al programa para 2010. Los municipios con más familias beneficiadas fueron: Playa Vicente, Sotepan, Acayucan y Hueyapan de Ocampo; por otra parte los municipios que menor número de familias beneficiadas por el programa Oportunidades fueron: Nanchital de Lázaro Cárdenas, Ixhuatlán del Sureste, Oluta, Agua Dulce.

Por otra parte, el monto de los recursos ejercidos por el programa de desarrollo humano Oportunidades tuvo en promedio una tasa de crecimiento anual del 2000 al 2010 de 19.80%. Los municipios que contaron con una asignación menor de recursos fueron: Nanchital de Lázaro Cárdenas, Oluta, Ixhuatlán del Sureste y Agua Dulce; este último municipio tuvo un incremento significativo de recursos ejercidos por el programa Oportunidades, al pasar de 782 miles de pesos en 2001 a 21,613 miles de pesos en 2010.

Comentarios preliminares

En esta investigación, realizamos una descripción detallada de las principales características sociodemográficas de los municipios que están dentro de la zona de influencia del corredor, para conocer las condiciones actuales que presenta el desarrollo económico y social de sus habitantes; así como también, un comparativo de los mismos indicadores en los estados de Oaxaca, Veracruz y del total nacional para un periodo 2000-2010. Esta investigación fue realizada con la finalidad de tener elementos para la identificación de rezagos en el

desarrollo sociodemográfico de la población correspondiente a aquellos municipios que quedan dentro de la zona de corredor.

Pudimos observar que la población de Veracruz -a nivel estatal- es el doble de la de Oaxaca, situación que se ve reflejada en el número de hogares el cual también duplica a los de esta entidad federativa.

También constatamos que aunque ha habido tasas anuales de crecimiento positivas, para el total de la población y el total de viviendas particulares habitadas, el promedio de ocupantes ha disminuido en ambas entidades federativas; esto podría deberse a que debido a las condiciones económicas de la región, las personas tienen que emigrar -ya sea a las grandes ciudades o al extranjero- a buscar mejores oportunidades laborales, con la finalidad de mejorar las condiciones socioeconómicas en las que viven, situación que se vio reflejada en el porcentaje de mujeres y de mujeres jefas de familia, así como también en la disminución del promedio de ocupantes en las viviendas particulares. En cuanto a las condiciones de las viviendas particulares habitadas, hubo mejorías tanto en las condiciones de las casas como en los servicios de estas.

Por su parte, los indicadores que se refieren a la escolaridad, tanto a nivel estatal como del total nacional, hubo avances; pues la educación ha llegado a más personas; pero esta sigue siendo de baja calidad, pues los indicadores nos mostraron que los niveles del grado promedio de escolaridad de la población es en promedio de nivel primaria concluida, este indicador es clave en el desarrollo de la región pues el tener niveles bajos de escolaridad trae repercusiones tanto sociales como económicas.

Respecto a las condiciones de salud, encontramos una disminución de la población

no derechohabiente a los servicios de salud, en diez años; situación que se refleja en el incremento de las familias beneficiadas por el Seguro Popular para el término del periodo del año de estudio.

De manera general, la zona tanto a nivel municipal (64 municipios de la zona del corredor) como a nivel estatal muestra tasas anuales positivas de crecimiento; a excepción del promedio de ocupantes (posible migración) y de la población sin derechohabiencia a servicios de salud (por acceso a Seguro Popular). Estas tasas positivas, aunque pequeñas, muestran en alguna medida las mejoras socioeconómicas, no solo a nivel municipal sino también a nivel estatal; pues el desarrollo tiene que ver también con el acceso a la red de saneamiento, al agua potable, y a los servicios sanitarios, variables que se analizaron tanto a nivel municipal como estatal; así como también el acceso a la educación, a la posibilidad de aprender a leer y a escribir. En este sentido es deseable que el desarrollo de una región deba ser de carácter multidimensional.

Pudimos observar que las tasas de natalidad incrementaron en un mismo porcentaje, tanto a nivel estatal como al nivel entidad federativa; característica de economías en vías de desarrollo. Este incremento de la población podría tener efectos tanto positivos como negativos, los positivos serían que al haber un incremento de la población se viera reflejado en incrementos del ingreso total; el efecto negativo sería que la zona económica no esté dotada del capital suficiente tanto físico como humano (humano, porque aunque haya tasas positivas de crecimiento de la población, está puede ser población muy joven, lo cual traería consecuencias negativas pues puede verse reflejada en la ocupación laboral de la población infantil, además de bajos niveles de escolaridad).

Las potencialidades de la zona son de carácter estructural, sobre todo en la estructura ocupacional y productiva de los municipios; pues esto hará que haya una menor migración de las zonas rurales a las urbanas y que se aprovechen los recursos económicos de la zona, al tener como resultado mejores salarios y, por lo tanto, un mejor estilo de vida de la población; lo que se refleja en un mayor acceso a servicios; pues, en teoría, cuando mejoran los ingresos de las personas, estas empiezan a consumir no solo mejores alimentos y vestido, sino también a consumir productos industriales y a demandar más servicios como bancarios, turismo, etcétera.

Referencias

Bassols, B.A. *México: Formación de Regiones Económicas*. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México (1979).

INEGI. www.inegi.gob.mx.

Instituto Mexicano del Transporte. www.imt.mx.

Martner P. Carlos. *El sur también existe: el corredor multimodal del istmo de Tehuantepec en la era de la globalización, Región y Sociedad*. Año XXIV. No. 54. México (2012).

Organización Mundial de la Salud (2007). *El derecho de la salud*. Nota descriptiva. No.323 Objetivo de desarrollo del milenio. www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx

Ray, Debraj. *Economía del Desarrollo*. Antoni Bosch. España (2002).

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), *Programa de Desarrollo Humano Oportunidades*. 2010

CRUZ Gabriela
gcruz@imt.mx
HERNÁNDEZ Salvador
chava@imt.mx
LELIS Martha
mlelis@imt.mx

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Introducción

Es bien conocido que la temperatura tiene un impacto directo sobre el módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica; este efecto se ve directamente reflejado en los parámetros de la cuenca de deflexiones medido con el HWD a diferentes temperaturas. El grado de influencia de la temperatura sobre el módulo de elasticidad del asfalto, y consecuentemente sobre las deflexiones, depende, entre otros factores, del tipo de mezcla, de su edad, de su grado de deterioro, etc.

En el presente trabajo, se presenta una evaluación de diferentes metodologías, en uso, para corrección por temperatura de las deflexiones obtenidas con deflectómetro de impacto (HWD, por sus siglas en inglés). Cabe mencionar que el experimento discutido en este documento, se realizó en la pista de pruebas del Instituto Mexicano del Transporte.

Antecedentes

A través de los años se han desarrollado diversos métodos para ajustar o corregir las deflexiones obtenidas a diferentes temperaturas, lo que en principio realizan es, alinear dichas deflexiones a una en común llamada temperatura de referencia; esto con el fin de poder comparar los datos entre diferentes puntos de medición. Es importante destacar que la temperatura de referencia varía dependiendo de la metodología a utilizar, siendo 20°C la más utilizada. En la figura 1 se puede observar la determinación de deflexiones con deflectómetro de impacto para diferentes horas del día.

De igual forma, en la figura 2 se presenta la sección del pavimento evaluado con HWD para diferentes temperaturas que se presentaron a lo largo de un día de trabajo.



Figura 1
Determinación de deflexiones con HWD para diferentes horas del día



Figura 2
Sección del pavimento evaluado

Existen diferentes metodologías para realizar la corrección de deflexiones por temperatura, entre las cuales se pueden citar las siguientes.

- A) AASHTO
- B) INSTITUTO DEL ASFALTO
- C) CEDEX
- D) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
- E) MOPT
- F) FHWA
- G) YONAPAVE

Entre Otras.

Evaluación con algunos métodos de ajuste

Con la finalidad de evaluar algunas de las metodologías de corrección de deflexiones por temperatura, se realizó un experimento en el Instituto Mexicano del Transporte, en el cual se determinaron deflexiones para diferentes horas de un día de pruebas, con lo que se tenían además diferentes temperaturas; es importante destacar que se decidió realizar las

Tabla 1
Deflexiones obtenidas con deflectómetro de impacto para una estación de la pista de pruebas del IMT para diferentes temperaturas

Vueltas	Hora	Temp. Prom.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
			0	200	300	450	600	900	1200	1500	-300
V.1	05:38	11.16	552.0845	532.5341	442.7929	323.2016	226.5940	125.5995	82.0163	64.2779	448.0381
V.2	06:40	11.15	587.2496	538.5755	449.3230	337.8561	243.7659	136.7419	89.2525	67.8279	470.3526
V.3	08:13	11.67	524.0331	524.0331	438.4669	321.3812	231.1740	128.0110	84.6961	66.1326	457.1271
V.4	09:29	17.05	642.0420	580.0699	476.0000	343.3427	243.7762	133.5385	86.9371	68.0420	495.9720
V.5	10:05	19.41	750.5114	605.7386	499.0483	253.9489	253.9489	138.5085	88.7926	69.5028	506.3068
V.6	11:29	26.31	793.3000	632.5000	507.4000	242.2000	242.2000	130.5000	85.5000	66.3000	527.3000
V.7	12:12	30.00	826.5893	647.5762	518.2438	242.7114	242.7114	131.1611	87.9826	67.2569	521.4949
V.8	15:47	28.97	833.8561	642.3885	506.9209	236.7914	236.7914	127.2086	85.7122	67.1799	525.3525
V.9	17:34	25.61	815.4386	632.7632	504.3275	241.5205	241.5205	129.9708	86.4766	65.2924	541.5789
V.10	19:34	20.40	758.0830	623.3906	506.3233	252.0601	252.0601	136.4950	88.2260	69.6996	521.9456

mediciones el mismo día para evitar variables adicionales, como pueden ser, la humedad de las capas del pavimento y terreno natural, deterioro del propio pavimento o de alguna de sus capas; por lo que la variación en las magnitudes de las deflexiones se buscó que fuera exclusivamente por efecto de la diferencia en temperatura de la carpeta de rodamiento.

En la tabla 1 se muestra el registro de las deflexiones medidas en el día de la prueba, para una estación en particular, de la pista de pruebas ubicada en el Instituto Mexicano del Transporte.

Se realizó la corrección por temperatura para las deflexiones obtenidas, lo anterior para varias de las metodologías antes citadas; es importante destacar que se consideró como temperatura de referencia 20°C para este ejemplo.

En lo que sigue se muestra la corrección por temperatura tanto para la temperatura mínima como para la máxima registrada en el día de evaluación. Es importante destacar que aquellas deflexiones determinadas en campo a una temperatura cercana a 20°C fueron las que se tomaron como referencia para evaluar el nivel de concordancia de las correcciones realizadas por las metodologías utilizadas.

En la figura 3 se presentan las cuencas de deflexión corregidas de acuerdo con lo anterior; y de igual forma se presentan las deflexiones obtenidas sin corrección, tanto para la temperatura mínima registrada (por corregir) y la determinada en campo a 20°C (referencia).

A partir del análisis anterior se obtuvo que, en este caso, para correcciones en la menor temperatura registrada en el día (11.15°C) la diferencia máxima entre las deflexiones de

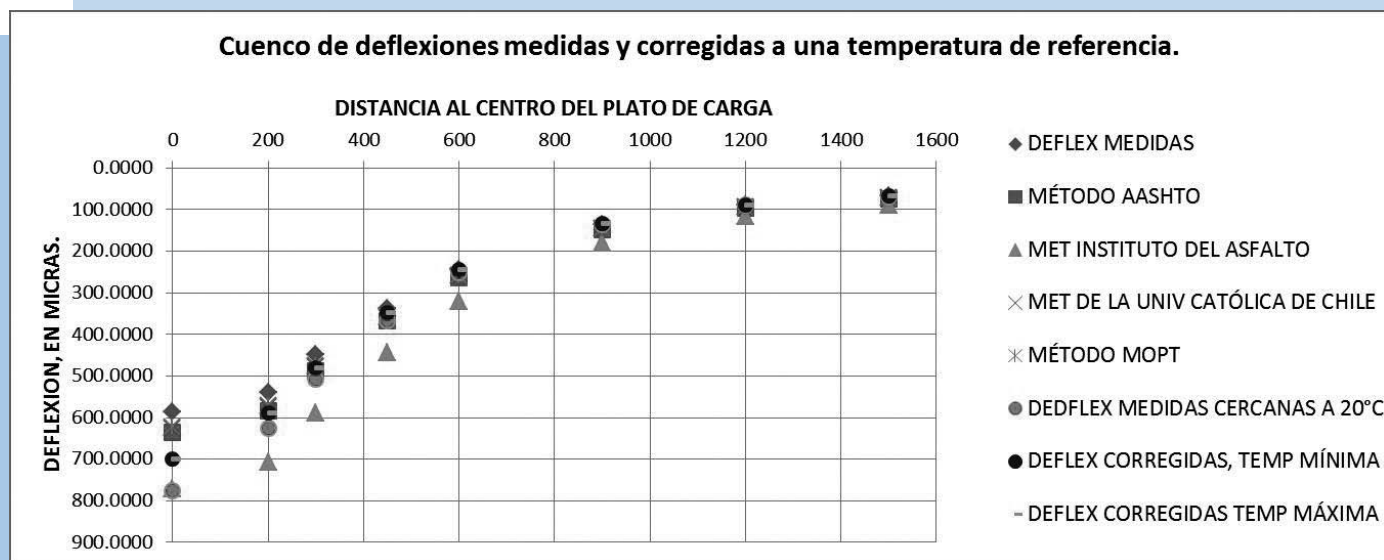


Figura 3
Cuenca de deflexiones medidas y corregidas a una temperatura de referencia.
Corrección para la temperatura mínima registrada

referencia (20°C) y las deflexiones corregidas por los distintos métodos, es del orden de 25%. Es importante destacar que las diferencias entre las deflexiones determinadas a las temperaturas mínimas y de referencia son igualmente del orden de 25%.

En el gráfico anterior, también se observa que algunas metodologías, corrigen en exceso, es decir las deflexiones corregidas resultan mayores que las de referencia (a 20°C).

Ahora bien, si nos referimos a la corrección de deflexiones para la temperatura máxima registrada para la estación en estudio (30°C), resulta lo siguiente:

prácticamente todos los métodos realizaron corrección en exceso, es decir la deflexión corregida (a 20°C) resultó menor que la registrada en campo a esa misma temperatura.

Es importante destacar que la diferencia en deflexiones medidas entre los 20°C (referencia) y los 30°C (máxima en el experimento) presentan tan solo una diferencia de deflexiones del orden de 5%, y para las temperaturas mínima y máxima del día se presentan diferencias entre deflexiones del orden de 30%.

De acuerdo con lo anterior, se hace evidente la necesidad de corregir las deflexiones

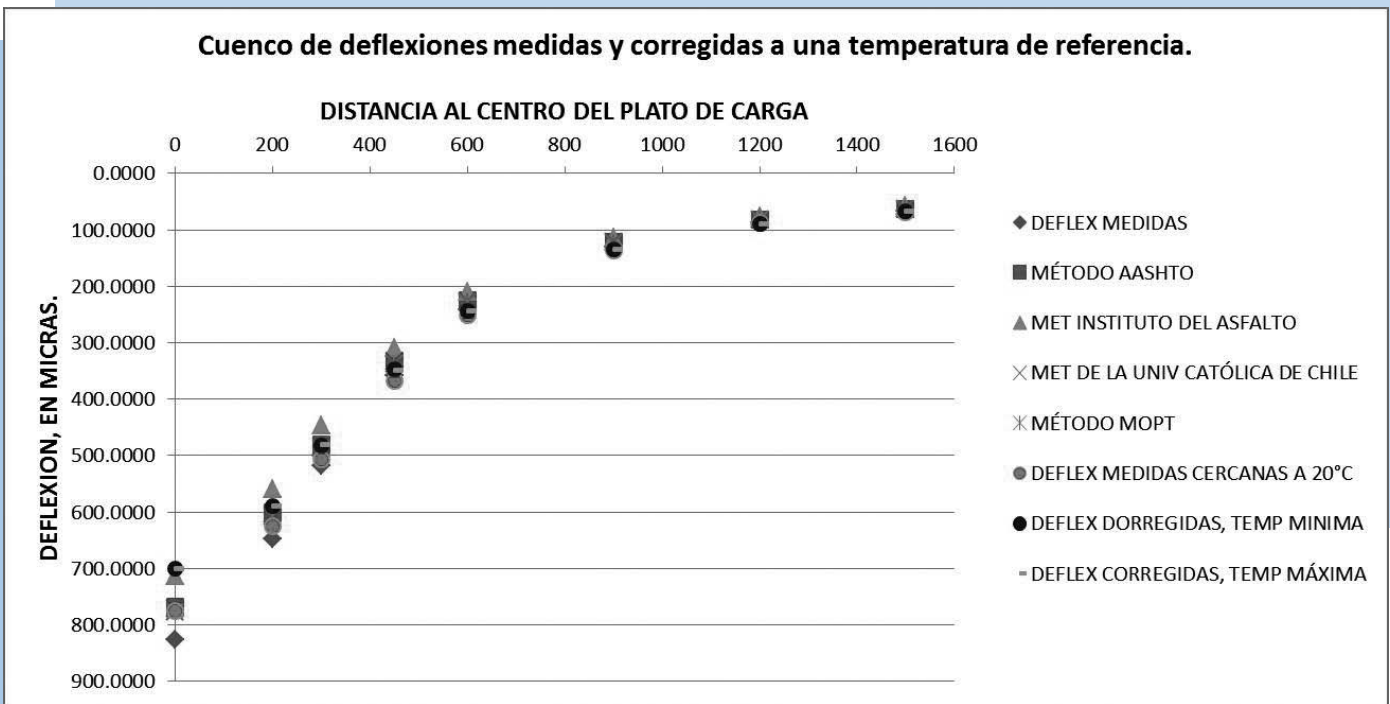


Figura 4
Cuenca de deflexiones medidas y corregidas a una temperatura de referencia.
Corrección para la temperatura máxima registrada

En la figura 4 se observa que la mayor diferencia entre las deflexiones de referencia y las deflexiones corregidas por diferentes métodos, es del orden del 10%, en este caso

por temperatura, ya que el mismo punto evaluado, el mismo día, sólo con diferencias en temperatura de la carpeta, presentan diferencias importantes en las deflexiones

registradas por el deflectómetro de impacto; lo que se traduce en diferencias igualmente importantes en la calificación de la capacidad estructural del pavimento evaluado, en el caso de no considerar un método adecuado de corrección por temperatura.

En ese sentido, y con el ánimo de evaluar diferentes métodos de corrección de deflexiones por temperatura, se observaron, para el experimento realizado, diferencias tan importantes de las deflexiones corregidas, por los diferentes métodos utilizados, como las obtenidas en campo a temperaturas igualmente variables.

Se hace patente, a partir de lo anterior, primero, la necesidad de corrección de las deflexiones

por efectos de la temperatura en la carpeta de rodamiento, y segundo la necesidad de contar con una metodología de corrección que sea adecuada a las condiciones de los pavimentos del País.

De acuerdo con las observaciones anteriores, el Instituto Mexicano del Transporte, plantea investigación para proponer metodologías de evaluación que estén acordes con la práctica nacional de evaluación de pavimentos, de tal suerte que la temperatura no cause errores en la evaluación estructural de los pavimentos o en la definición de leyes de evolución de dicho parámetro, mismo que es de gran utilidad en los sistemas de gestión de pavimentos.

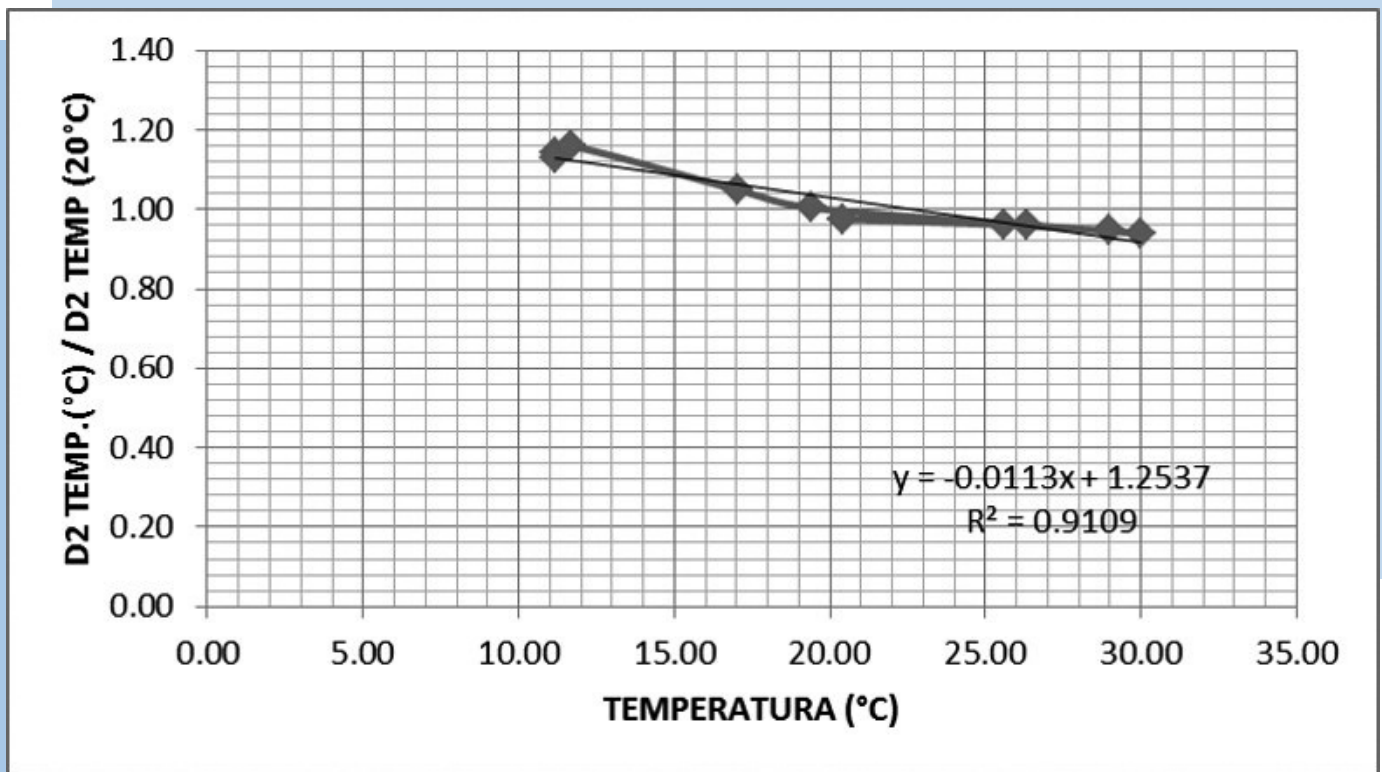


Figura 5
Relación de deflexiones para diferentes temperaturas superficiales de evaluación, para el sensor D2

Metodología de ajuste propuesta

La metodología propuesta por el IMT, basada en las mediciones de pavimentos a diferentes temperaturas, realiza la corrección de las cuencas de deflexión utilizando una ecuación de ajuste para cada sensor; dicha ecuación se obtiene de la relación de deflexiones $D_n/D_{n20^\circ\text{C}}$; en donde D_n es la deflexión a cualquier temperatura en el sensor n y $D_{n20^\circ\text{C}}$ es la deflexión a la temperatura de referencia, en este caso de 20°C .

En la figura 5 se puede observar la ecuación de ajuste en uno de los sensores, para las diferentes temperaturas superficiales, registradas durante la evaluación de una misma estación del pavimento.

Al aplicar la corrección por temperatura, con la expresión obtenida para cada sensor, se obtiene la cuenca ajustada por temperatura que se presenta en la figura 6. De igual forma, en la tabla 2 se muestran los resultados de la corrección de dichas deflexiones.

Se puede observar que la cuenca de deflexiones medidas tanto para las temperaturas superiores e inferiores a la de referencia (20°C

en este caso), y ajustadas con las expresiones resultantes, coinciden muy cercanamente una con la otra; concluyéndose que puede realizarse una corrección de temperatura para cualquier temperatura registrada al momento de realizar la prueba utilizando el FWD.

Es importante mencionar que la metodología aquí presentada, se continúa evaluando para diferentes estructuras de pavimento asfáltico, particularmente para diferentes espesores de carpeta asfáltica; lo anterior con la finalidad de extrapolar la metodología a cualquier tipo de pavimento flexible y buscar generalizar el método y quizás limitar la corrección para aquellos espesores de carpeta asfáltica en donde las diferencias en deflexiones, debidas a cambios de temperatura, sean poco significativas.

Cuando se realizan evaluaciones en campo, y de resultar adecuada la metodología propuesta, bastaría con evaluar una estación de pavimento a dos diferentes temperaturas, por ejemplo muy temprano por la mañana y a medio día, donde se pueden presentar temperaturas más altas en superficie; una vez obtenido lo anterior, obtener la expresiones de ajuste para los diferentes sensores y ajustar

Tabla 2
Deflexiones determinadas a diferentes temperaturas en la misma estación de pavimento

Tipo de cuenca de deflexiones	Hora	Temp.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
			0	200	300	450	600	900	1200	1500	-300
Temp. Min. sin corregir	06:40	11.15	587.2496	538.5755	449.3230	337.8561	243.7659	136.7419	89.2525	67.8279	470.3526
Temp. Máx. sin corregir	12:12	30.00	826.5893	647.5762	518.2438	358.5341	242.7141	131.1611	87.9826	67.2569	521.4949
Temp. Min. corregida	06:40	11.15	699.5723	589.6238	481.5054	347.7284	243.1884	134.0946	88.6923	67.5201	494.1756
Temp. Máx. corregida	12:12	30.00	699.5762	589.3386	481.1248	348.0613	243.0540	134.0607	88.7571	67.4588	493.8464

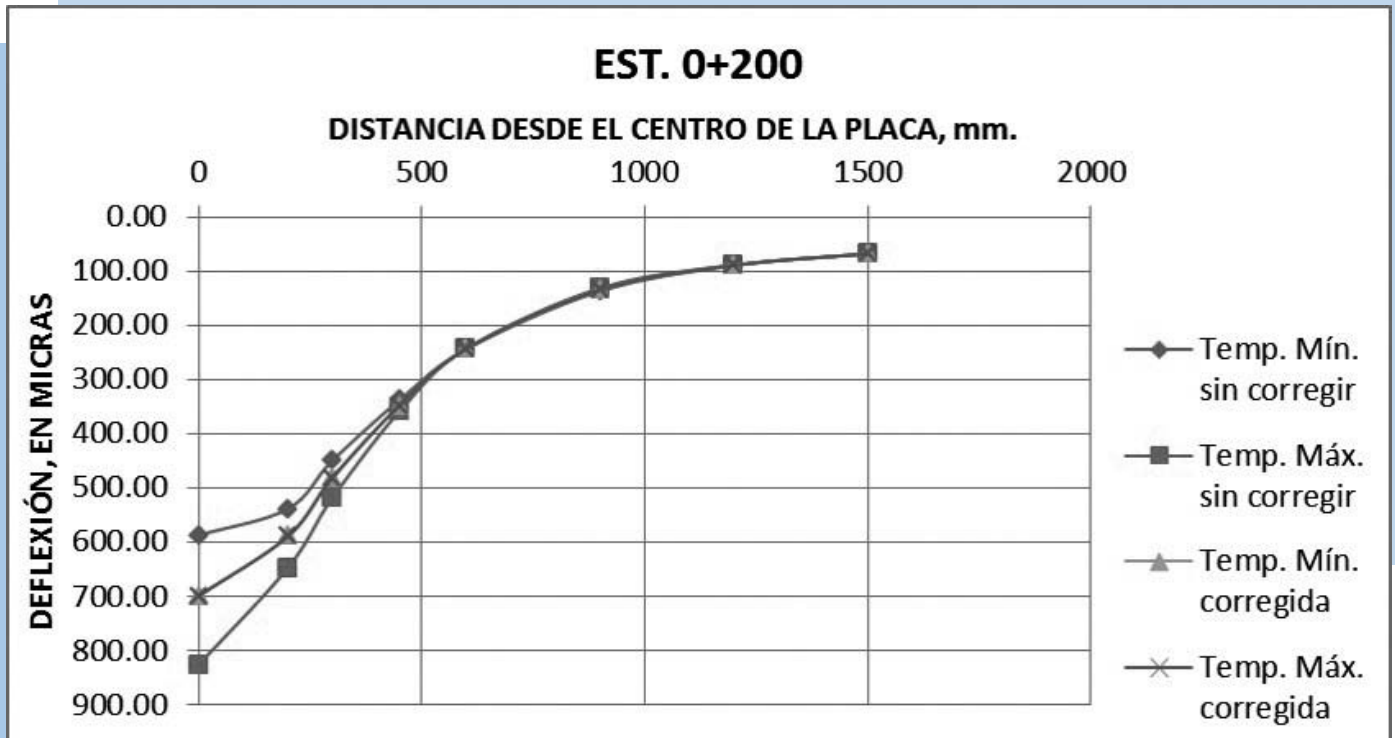


Figura 6
Cuenca de deflexiones medidas y corregidas a una temperatura de referencia.
Corrección para la temperatura mínima y máxima registradas

las estaciones siguientes en donde se tenga, razonablemente, la misma sección estructural del pavimento.

Bibliografía

AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, Washington D.C. 2001

Asphalt Institute, "Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation", Chapter 3, US, 1983.

Hoffman, M.S., "Método Directo para la evaluación de las necesidades estructurales de pavimentos flexibles basado en deflexiones con el deflectómetro de impacto (FWD)", C5-T021, YONA Engineering Consulting & Management, Israel.

Instituto Nacional de Vías, Ministerio del Transporte, República de Colombia, "Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras" Segunda Edición, Colombia, 2008.

Ministerio de Fomento, "Rehabilitación de firmes. Instrucción de carreteras, Norma 6.3 IC", Madrid, 2003.

Paul Garnica Anguas, Alfonso Pérez Salazar, Roberto Anastasio García Olivar, Sergio Yahir Cruz González, "Influencia de la temperatura en la determinación de la capacidad estructural de pavimentos flexibles"; Octavo Congreso Mexicano del Asfalto, Cancún, México, 2013.

Ramón Crespo del Río. J. Fernando Ruiz Romero. "Evaluación estructural de firme de carreteras. El área de la cuenca de

deflexiones. El módulo de la explanada”. Área de Auscultación de Firmes, AEPO Ingenieros Consultores. Noviembre 2001.

Smith R.E; Lytton R.L. “Synthesis Study of non-destructive testing devices for use in overlays thickness design of flexible pavements”, report FHWA/RD-83/097, FHWA, US Department of Transportation, Washington D.C., April 1994

Universidad Católica de Chile, “Corrección de la deflexión de pavimentos asfálticos por

efecto de la temperatura”, Memorias del Quinto Congreso Iberoamericano del Asfalto en 1989.

PÉREZ Alfonso
aperez@imt.mx

GARNICA Paul
pgarnica@imt.mx

GARCÍA Roberto
rago421@hotmail.com

Colaboración:
CRUZ Sergio

yahiritociv@hotmail.com

GLOSARIO

Artículo 1:

Simulación Monte Carlo: Método de evaluación estadístico numérico basado en la generación de números aleatorios que representan un conjunto de distribuciones estadísticas de un fenómeno complejo.

Modelos de deterioro: Expresiones matemáticas utilizadas para representar la degradación de un material en el tiempo por un fenómeno físico, químico o mecánico.

Prognosis: Conocimiento anticipado de un hecho.

Artículo 2:

Hogar: El Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) lo define como el espacio social de la reproducción cotidiana y generacional de la población, en el cual las personas se agrupan y organizan para realizar actividades de la vida cotidiana; y constituyen un punto de unión en el que comparten sus recursos y solucionan necesidades y conflictos, a la vez que se actualizan y se transmiten un conjunto de valores y creencias.

Hogar Censal: En el Censo de Población y Vivienda lo como la unidad formada por uno o más personas, vinculadas o no por razones de

parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda particular.

Vivienda: De acuerdo con el INEGI, se resumen muchas características físicas que determinan el nivel de bienestar y salud de los ocupantes, ya que el conocimiento de las condiciones contribuye a mejorar las condiciones de vida de la población.

Artículo 3:

Pavimento: Conjunto de capas de materiales apropiados entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, al intemperismo y a otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

Deflectómetro de impacto: Dispositivo automatizado para aplicar cargas por impacto en la superficie del pavimento y que es capaz de registrar tanto las cargas aplicadas como las deflexiones que experimenta el pavimento por efecto de dichas cargas.

PROYECTO EN MARCHA

Evaluación de defectos tipo entalla en un acero de baja aleación para uso estructural

Los aceros de medio carbono y baja aleación se utilizan en aplicaciones ingenieriles donde se requiere que sus propiedades mecánicas y de fractura sean óptimas. Esta mejora en las propiedades mecánicas del acero se debe principalmente a los elementos aleantes como el níquel, cromo y molibdeno, los cuales al modificar la composición química se modifica la microestructura resultando mejores propiedades mecánicas que los aceros al carbono. Sin embargo, al utilizar este material para la construcción de obras civiles se debe de tener cuidado que durante el proceso constructivo el material no presente daño mecánico, defectos de corrosión o fabricación y modificación de su microestructura que deteriore sus propiedades. Las condiciones de servicio en una estructura, por ejemplo; en un puente vehicular, implican cargas de tráfico, cargas de impacto o colisiones, temperatura y cargas del viento, pueden ser un factor determinante para inducir una falla estructural a partir de los defectos mencionados anteriormente. Por lo general, estos defectos son romos y concentradores de esfuerzos por lo que no se deben de analizar como grietas o fisuras porque el análisis sería muy conservador, ya que resultaría en el incremento del costo económico por el reemplazo prematuro del componente o el sobredimensionamiento.

La Teoría de las Distancias Críticas, es una metodología que permite predecir el comportamiento a la fractura de un material considerando los defectos como concentradores de esfuerzos o entallas, y que

la fractura del material ocurrirá cuando el campo de esfuerzos evaluado a una determinada distancia crítica alcanza un cierto valor. Para aplicar esta teoría se requiere del conocimiento de la distribución de los esfuerzos alrededor de la entalla y la distancia crítica (L), la cual se define como:

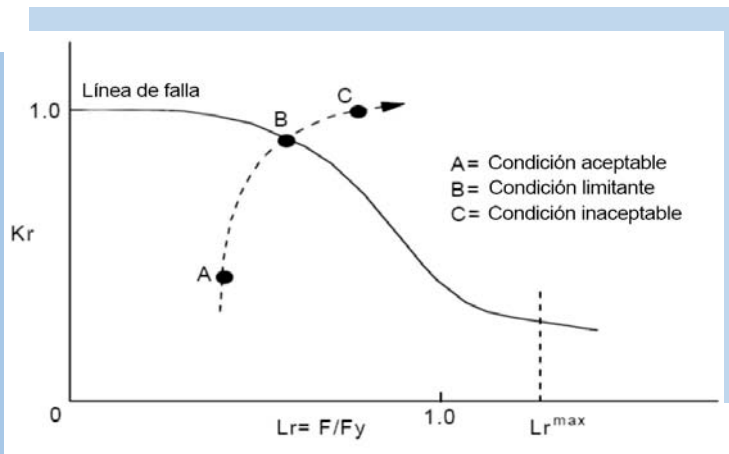
$$L = \frac{1}{\pi} \left(\frac{K_C}{\sigma_0} \right)$$

Donde K_C es el factor de intensidad de esfuerzos crítico y el esfuerzo σ_0 , que caracteriza la resistencia del material. Existen dos métodos para determinar la distancia crítica: el Método del Punto (Point Method, PM) y el Método de la Línea (Line Method, LM). El primer método, PM, utiliza como esfuerzo efectivo el esfuerzo puntual a una distancia crítica, que se estima en $L/2$. El segundo método, LM, emplea la media del esfuerzo como el esfuerzo efectivo, y haciendo uso de valores de tenacidad a fractura obtenidos en probetas fisuradas.

Por otra parte, los diagramas de análisis de fractura o diagramas de falla (Failure Assessment Diagrams, FAD) es una herramienta que permite la evaluación de la fractura con base a dos parámetros normalizados, K_r y L_r , que se definen como:

$$K_r = \frac{K_I}{K_C} \quad \text{y} \quad L_r = \frac{F}{F_y}$$

Donde F es la carga aplicada y F_y es la carga de colapso plástico, la curva K_r contra L_r representa el límite de la resistencia a la fractura.



La estimación se basa en la posición de las coordenadas del punto (K_r, L_r) con respecto a la línea de falla. Se considera que un componente opera de manera segura cuando un punto se localiza debajo de la línea de falla e inseguro cuando se incrementa la carga o crece la grieta, de tal forma que las coordenadas del punto se encuentra arriba de la línea de falla. La condición crítica es cuando un punto interseca la línea de falla, ver figura 1.

TERÁN Jorge
jteran@imt.mx

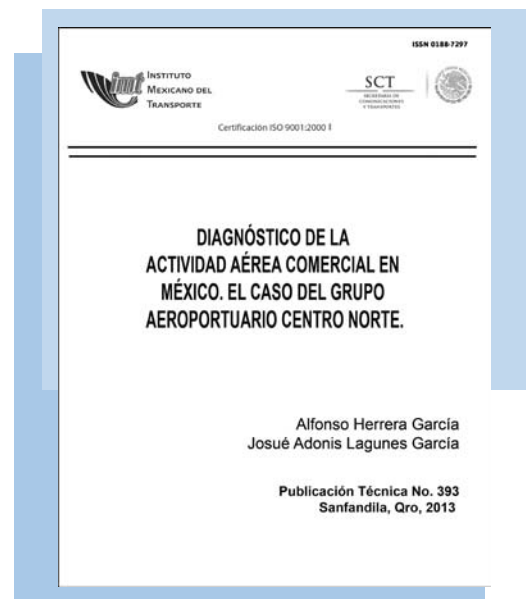
Figura 1

Diagrama de análisis de fractura, donde se indica las tres posible situaciones: A, Segura, B Condición crítica y C, Insegura

PUBLICACIÓN

Diagnóstico de la actividad aérea comercial en México. El caso del Grupo Aeroportuario Centro Norte

El objetivo general la **publicación técnica 393** fue realizar un diagnóstico de la actividad aérea comercial del Grupo Aeroportuario Centro Norte. El estudio se centró en los flujos de pasajeros y carga, tanto nacionales como internacionales. Se encontró que en 2012 este grupo aeroportuario ocupó en México el cuarto lugar en pasajeros y el tercero en carga. Tuvo interacción con el 73% de los aeropuertos mexicanos y 28% con los internacionales. Se observó estacionalidad en la demanda de pasajeros durante los periodos vacacionales; pero, no así en el comportamiento de la carga. Para disminuir la subutilización de estos aeropuertos se recomendó establecer un paquete ampliado de servicios (ventas comerciales, servicios turísticos, logísticos y de consultoría) y estrategias para reutilizar espacios dentro del aeropuerto.



Se puede consultar de forma gratuita en la página del Instituto:

<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt393.pdf>

EVENTOS ACADÉMICOS Y CONGRESOS

Evaluación del Impacto Ambiental “Mejores prácticas de la gestión ambiental en carreteras”

La Coordinación de Infraestructura del IMT, a través del Grupo de investigación en Medio Ambiente organiza anualmente el curso de formación Postprofesional en temas de evaluación del impacto ambiental en carreteras. Este curso se llevó a cabo del 25 al 29 de agosto del 2014 con la Dirección General de Carreteras de la SCT y el apoyo de la empresa consultora SELOME.

Tuvo como objetivo desarrollar capacidades en los asistentes respecto a temas de la gestión ambiental en carreteras, para que las organizaciones alcancen el éxito deseado en el cumplimiento de los objetivos ambientales en los proyectos carreteros. Con el curso se buscó capacitar, acrecentar la conciencia e incrementar la competencia en temas de la gestión ambiental.

El curso se diseñó para ingenieros y profesionales que participan en la planificación, construcción y supervisión de proyectos de infraestructura para el transporte carretero, específicamente en la gestión ambiental y las mejores prácticas, provenientes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tanto de oficinas centrales, como de los diferentes centros SCT del país, así como a profesores o investigadores de las diferentes universidades del país.

Este curso tuvo una asistencia de 18 participantes, los cuales provinieron de la Coordinación General de Centros SCT, de la Dirección General de Conservación de Carreteras, de los Centros SCT de Sinaloa, Nayarit, Colima,

Puebla, Estado de México, Morelos y Tlaxcala; y de las empresas Coras Consultores S.C. y Proyecto y Construcción AURA S.A. de C.V.

Algunos de los temas tratados fueron:

- La gestión ambiental de carreteras en México.
- Cumplimiento ambiental en carreteras en México.
- Mejores prácticas en la gestión ambiental de carreteras.
- Mejores prácticas en obra para calidad del aire (polvos, emisiones, ruido, etc.).
- Mejores prácticas en obra para el suelo (erosión, sedimentos, contaminación, etc.).
- Mejores prácticas en obra para el agua (re-uso, prevención de la contaminación, etc.).
- Mejores prácticas en obra para manejo de residuos.
- Mejores prácticas en obra para protección de la biodiversidad (manejo de flora, manejo de fauna, pasos de fauna, paisaje, etc.).
- Planes de manejo ambiental.
- Catálogos de conceptos ambientales.

DIRECTORIO

M. en I. y M. en E. José San Martín Romero
Director General
(55) 5265 3600 ext. 4000 (442) 2 16 97 77 ext. 2033
jose.sanmartin@imt.mx

Ing. Roberto Aguerrebere Salido
Coordinador Operativo
(442) 2 16 97 77 ext. 2001
roberto.aguerrebere@imt.mx

Ing. Jorge Armendariz Jiménez
Coordinador de Administración y Finanzas
(442) 2 16 97 77 ext. 2029
jorge.armendariz@imt.mx

Ing. Alfonso Mauricio Elizondo Ramírez
Coordinador de Normativa para la Infraestructura del Transporte
(55) 52 65 36 00 ext. 4110
alfonso.elizondo@imt.mx

M. en E. Victor Manuel Islas Rivera
Coordinador de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional
(442) 216 97 77 ext. 2018
victor.islas@imt.mx

Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue
Coordinador de Integración del Transporte
(442) 216 97 77 ext. 2007 martner@imt.mx

Dr. Miguel Martínez Madrid
Coordinador de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural
(442) 216 97 77 ext. 3101
miguel.martinez@imt.mx

Dr. Alberto Mendoza Díaz
Coordinador de Seguridad y Operación del Transporte
(442) 216 97 77 ext. 2014
alberto.mendoza@imt.mx

M. en C. Tristán Ruíz Lang
Coordinador de Ingeniería Portuaria y Sistemas Geoespaciales
(442) 216 97 77 ext. 2005
tristan.ruiz@imt.mx

M. en C. Rodolfo Téllez Gutiérrez
Coordinador de Infraestructura
(442) 216 97 77 ext. 2016
rodolfo.tellez@imt.mx

El diseño y elaboración de la presente publicación es realizada y está a cargo de:

M. en D.G. Alejandra Gutiérrez Soria
agutierrez@imt.mx

INFORMACIÓN Y CONTACTOS

CURSOS INTERNACIONALES IMT

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT), a través de su Unidad de Servicios Académicos, hace una cordial invitación a los profesionales interesados en participar en los cursos que ofrece dentro del programa de capacitación IMT; el cual se publica en la página web:

<http://imt.mx/Espanol/Capacitacion/>

PUBLICACIONES, BOLETINES Y NORMAS

En dicha página web pueden consultarse sus publicaciones completas, los boletines externos "NOTAS" anteriores y las nuevas normas técnicas, ingresando a los enlaces siguientes:

<http://imt.mx/Espanol/Publicaciones/>

<http://boletin.imt.mx/>

<http://normas.imt.mx/>

INFORMES:

Tels: (442) 216 96 46, 216 96 11
216 96 57 ext. 2801 y 2802

Fax: 216 96 71

Correo: publicaciones@imt.mx

Electrónico: capacitación@imt.mx

Para cualquier comentario o sugerencia con respecto, a esta publicación o ejemplares pasados, nos podrá contactar en: notas@imt.mx

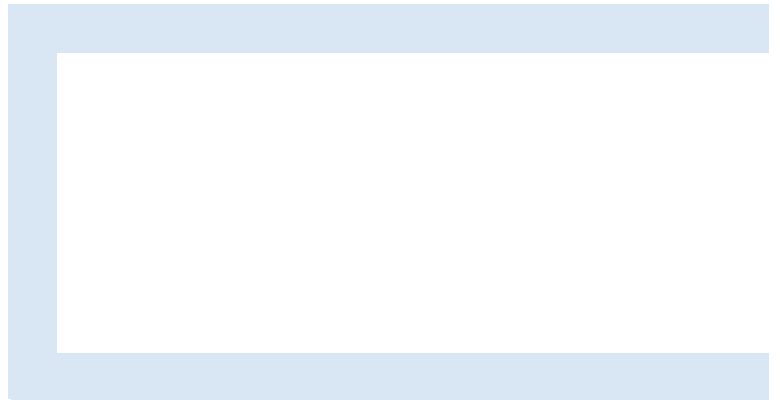
El contenido de los artículos aquí publicados es responsabilidad exclusiva de sus autores; por tanto, no refleja necesariamente el punto de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

Se autoriza la reproducción parcial o total de los artículos contenidos en este ejemplar, siempre y cuando sean citados como fuente los nombres de autor (es), título del artículo, número y fecha de este boletín.



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
APARTADO POSTAL 1098
76000 QUERÉTARO, QRO
MÉXICO

Registro Postal
Cartas
CA22-0070
Autorizado por Sepomex



POR AVIÓN
AIR MAIL