

NUEVA VERSION AL ESPAÑOL DE LA GUIA DE DISEÑO M-E DE PAVIMENTOS, AASHTO-WARE (2022)

Carlos M. Chang, Ph.D., P.E.

- * Florida International University (FIU), U.S.A.
- * Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Medio Ambiente

Raoul Salas

- * Florida International University (FIU), U.S.A.
- * Asistente de investigación de posgrado

Ing. Luis Guillermo Loría-Salazar, MSc, PhD

Presidente Sociedad Internacional de Pavimentos Asfálticos, ISAP
Vicerrector de Investigación, Universidad Isaac Newton, Costa Rica



Profesor

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, MSc, PhD

- Lic en Ing. Civil UCR
- MSc en Ingeniería Civil, énfasis Materiales/Pavimentos, UNR-USA
- PhD en Ingeniería Civil, énfasis Materiales/Pavimentos, UNR-USA
- **>190 publicaciones científicas**
- **732 informes firmados en LanammeUCR**
- Catedrático grado 4 UCR
- Coordinador general PITRA-LanammeUCR, 2009-2019.
- Miembro titular de comités científicos
 - TRB AFD40
 - TRB AFK20
 - TRB AFD50
 - TRB AKP40
- Ex VP para LATAM de IRF
- Presidente ISAP
- Miembro Board de IJPE y RMPD
- Ex chairman HVSIA
- Consultor/diseñador de materiales y pavimentos en proyectos de Guatemala a Bolivia
- Ha impartido cursos y charlas en todos los países de Latinoamérica
- Co-ganador del premio Juan Antonio Fernández del Campo a la Innovación Tecnológica en Carreteras de la AEC en 2019.
- Co-ganador del mejor poster del EATA 2019, Granada, España.
- Socio fundador de Mat-Tech, Ingeniería y Ciencia de Materiales

DESCUBRE

Autor
Loría-Salazar, Luis Guillermo (733)
Centro de Transferencia Tecnológica, LanammeUCR (357)



Google Scholar Index:



Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, MSc, Ph.D. / lloria@uin.cr

 Twitter: Igloria27

 Facebook: luisguillermoloriasalazar

 Canal de youtube

 Igloria27@gmail.com

 LINKEDIN: cr.linkedin.com/in/luisguillermoloria



Board of Directors

 LUIS LORIA-SALAZAR President 	 ALAN CARTER Vice-President 	 GAYLON BAUMGARDNER Past-President 	 GERALD (GERRY) HUBER Director 	 MAYKA RUBIO Director 	 TOM SCARPAS Director / TC CMAM 
 GABRIELE TEBALDI TC AP&E 	 ELIE HAJJ Director 	 NAVNEET GARG Director / TC PFE 	 JAMES GRENFELL Director 	 CHRISTIANE RAAB Director 	 SHIGEKI TAKAHASHI Director 
 KAMILLA VASCOLLEOS Director / AAPT 	 RICHARD WILLIS Director 	 SAEID SOLOMONS Director 	 AMIT BHASIN TC CMAM 	 ESHAN DAVE TC PFE 	 MIKE ANDERSON Executive Administrator 



Introducción

- ❑ El Método de Diseño de Pavimentos Mecánico-Empírico (MEPDG) es **una herramienta** completa para el análisis y diseño de pavimentos.
- ❑ La metodología del MEPDG requiere de un proceso de implementación a las, condiciones climáticas, características de tráfico, y prácticas constructivas locales.

Evolución del Diseño de Pavimentos

¿Práctica Actual?

*En el
Futuro*



Estado de la práctica

Metodologías de Diseño de Pavimentos

Empírico

- ✓ Estadísticos basados en ensayos experimentales

Mecanístico

- ✓ Cálculo de respuestas del pavimento i.e., esfuerzos, deformaciones
- ✓ Modelos de desempeño del pavimento basados en principios mecánicos

Mecanístico-Empírico

- ✓ Cálculo de respuestas del pavimento, i.e., esfuerzos, deformaciones
- ✓ Modelos empíricos de desempeño del pavimento

Diseño Mecánico-Empírico

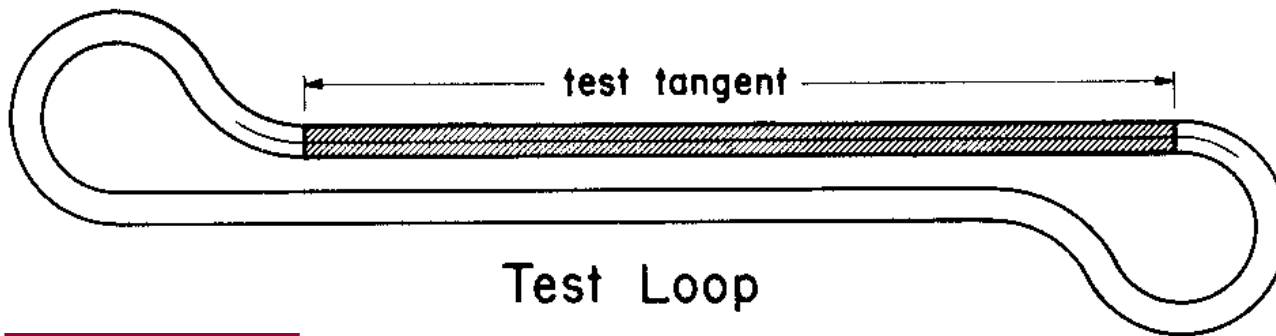
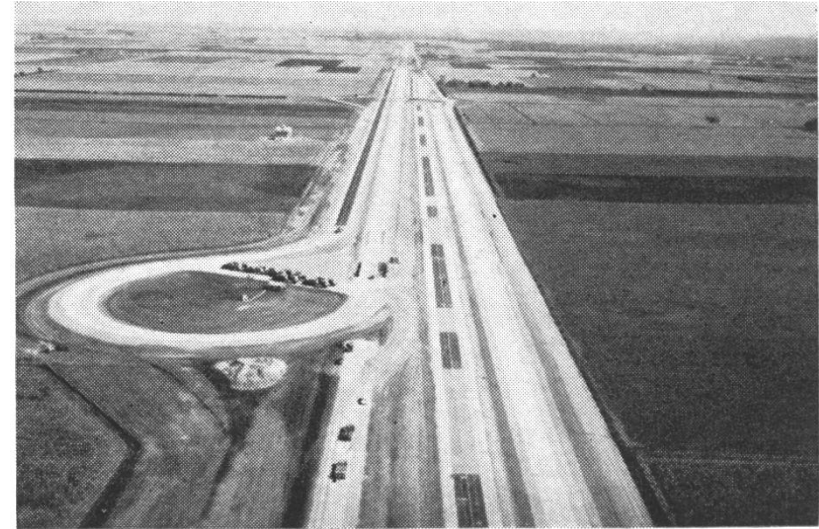
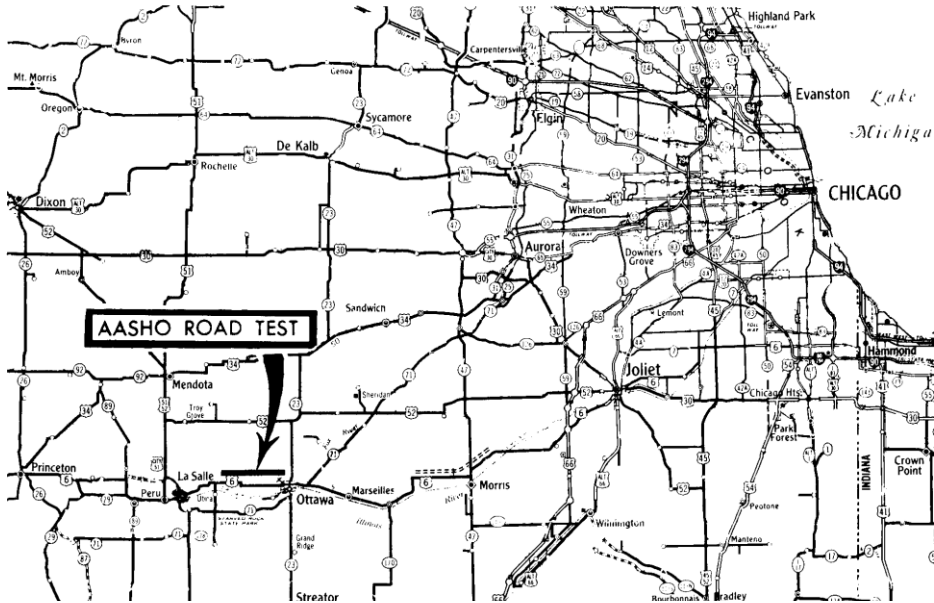
Mecanístico: Calcular la respuesta del pavimento (i.e., esfuerzos, deformaciones unitarias, y deflexiones) debido a:

- Cargas de tráfico
- Condiciones medio-ambientales

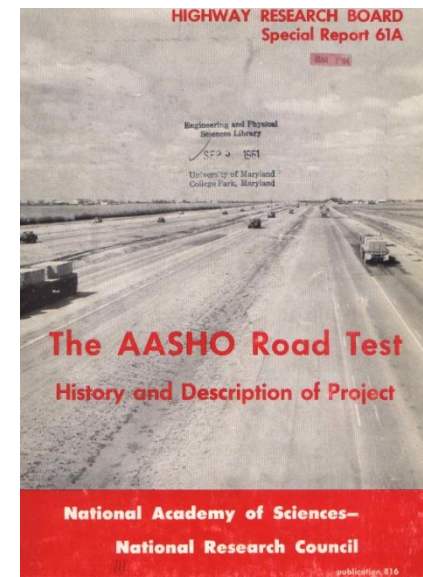
Empíricamente relacionar el daño acumulado a través del tiempo a fallas del pavimento, e.g.:

- Fisuramiento
- Ahuellamiento
- Otras fallas

Prueba de Carretera AASHO (finales de los 50's)



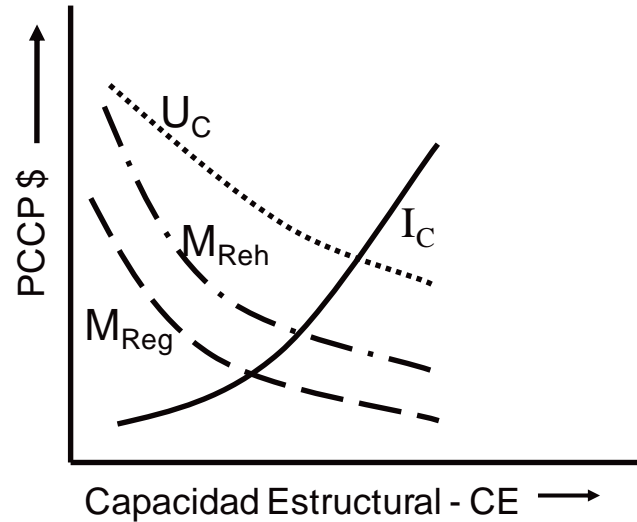
(AASHO, 1961)



Sobre-diseñar: A qué costo?

PRINCIPALES COMPONENTES DEL COSTO EN LOS PAVIMENTOS

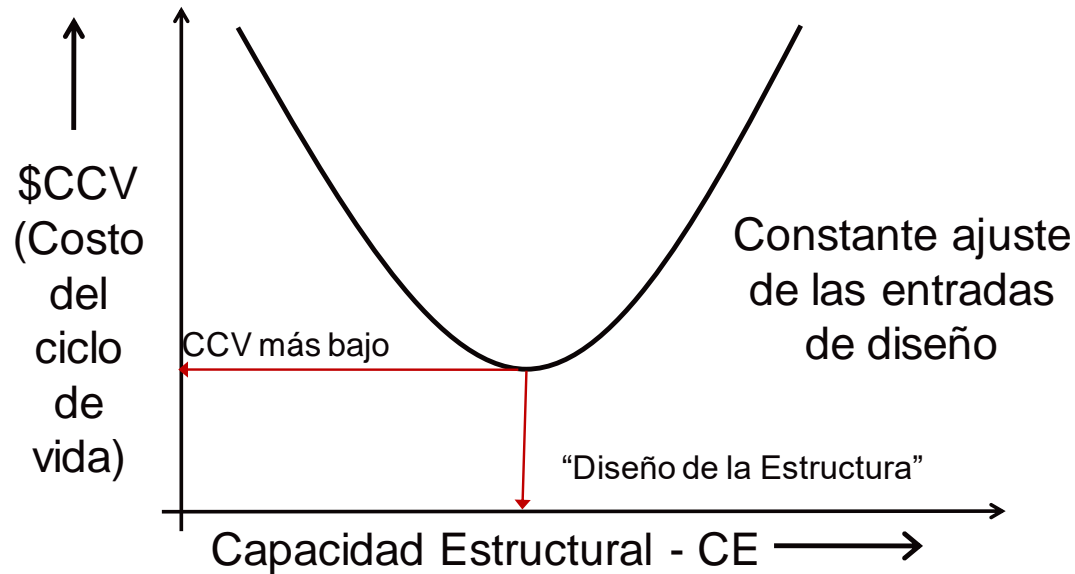
- Componentes:
 - Inicial.
 - Mantenimiento (Rutinario).
 - Rehabilitación Principal.
 - Costo para los usuarios:
 - Costo de operación del vehículo (regularidad)
 - Demora (Tráfico/ Demora de la rehab)



Dr. Matt Witzack

Sobre-diseñar: A qué costo?

CCV (COSTO DEL CICLO DE VIDA) DE LOS PAVIMENTOS

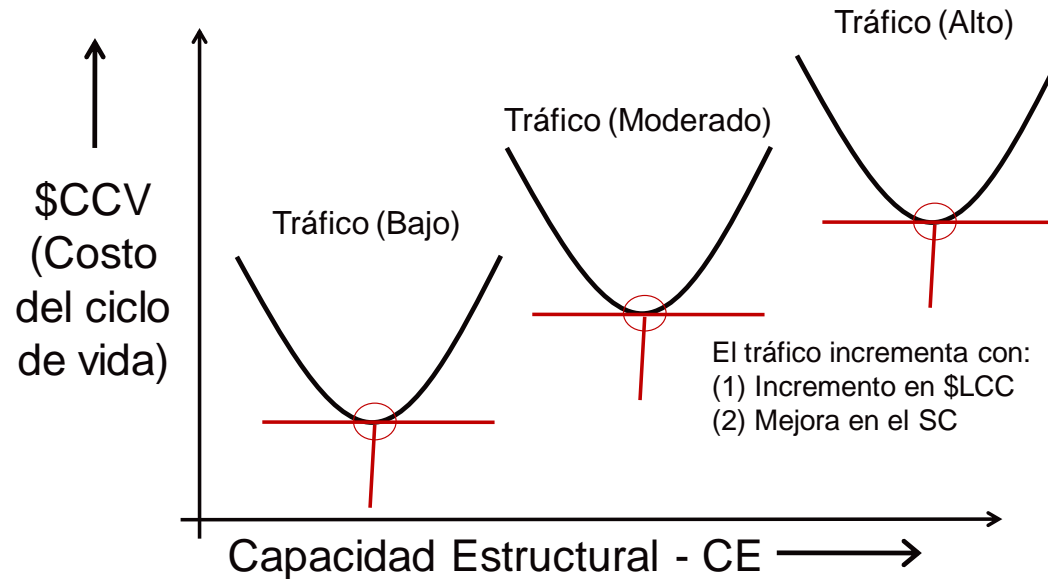


Dr. Matt Witzack y Dra. Claudia Zapata en UCR, 2012

Fuente: Ing. Matthew Witzack, MSc, PhD, CILA 2009

Sobre-diseñar: A qué costo?

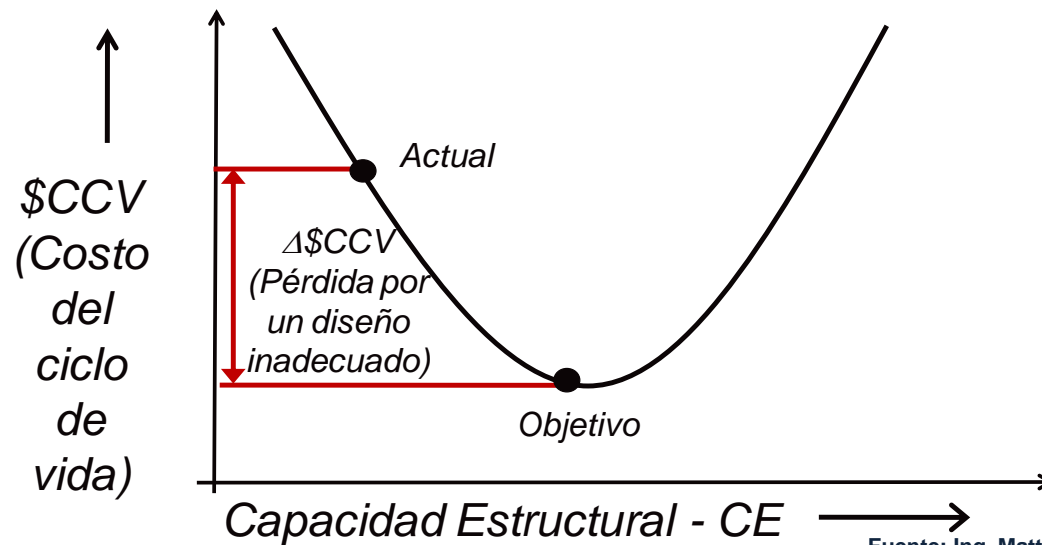
CATEGORÍAS FUNCIONALES DE COSTO



Fuente: Ing. Matthew Witzack, MSc, PhD, CILA 2009

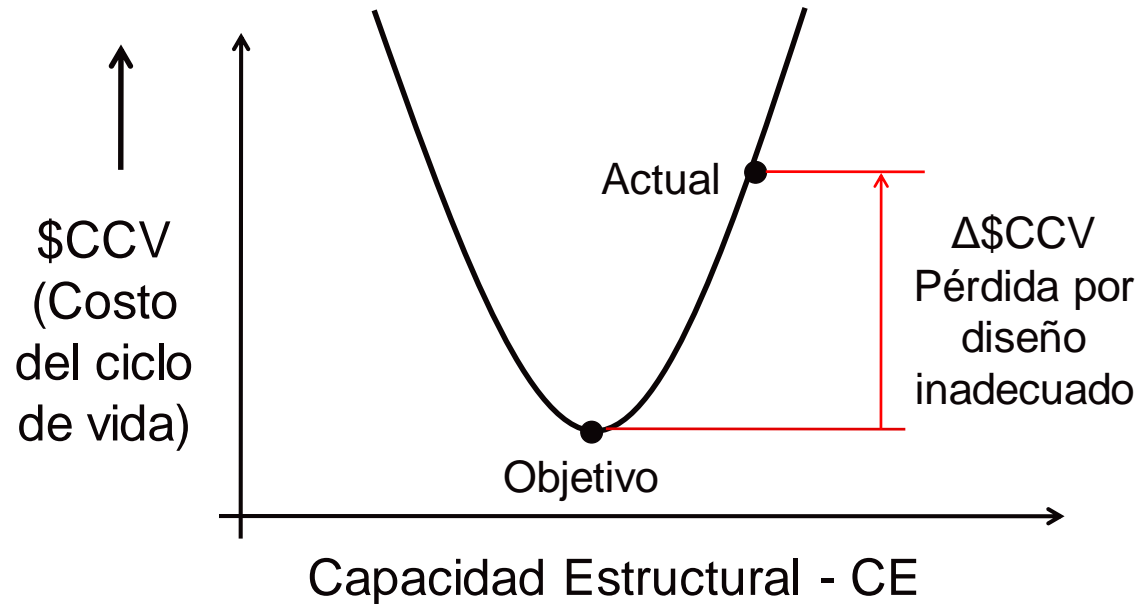
Sobre-diseñar: A qué costo?

CONSECUENCIAS DE UN “DISEÑO INADECUADO”



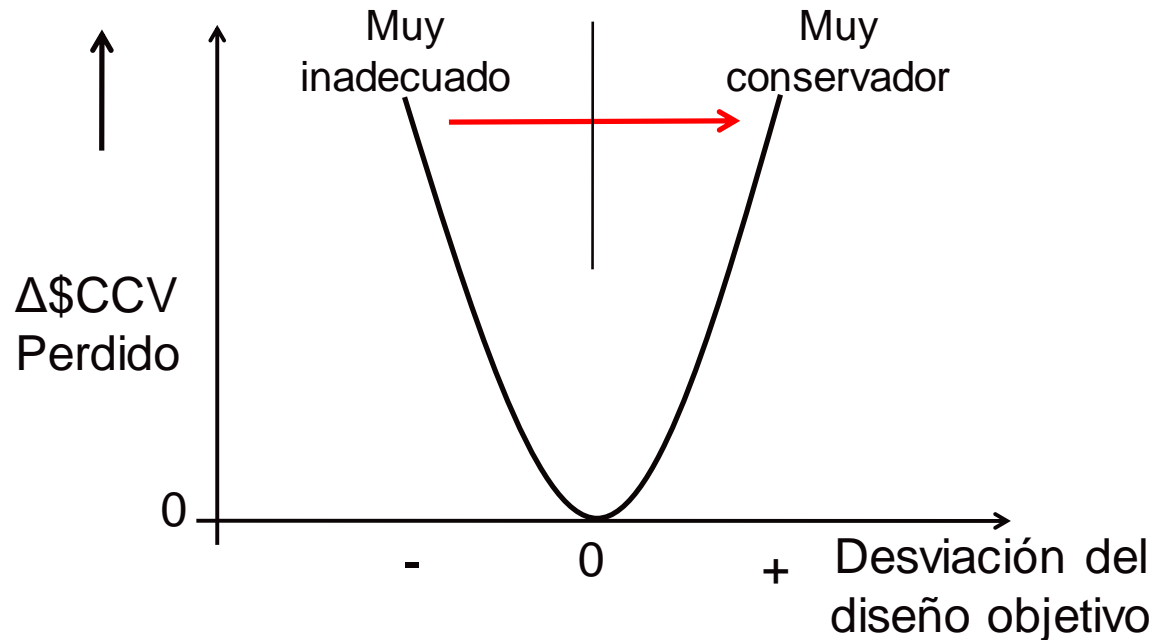
Fuente: Ing. Matthew Witzack, MSc, PhD, CILA 2009

Sobre-diseñar: A qué costo?



Sobre-diseñar: A qué costo?

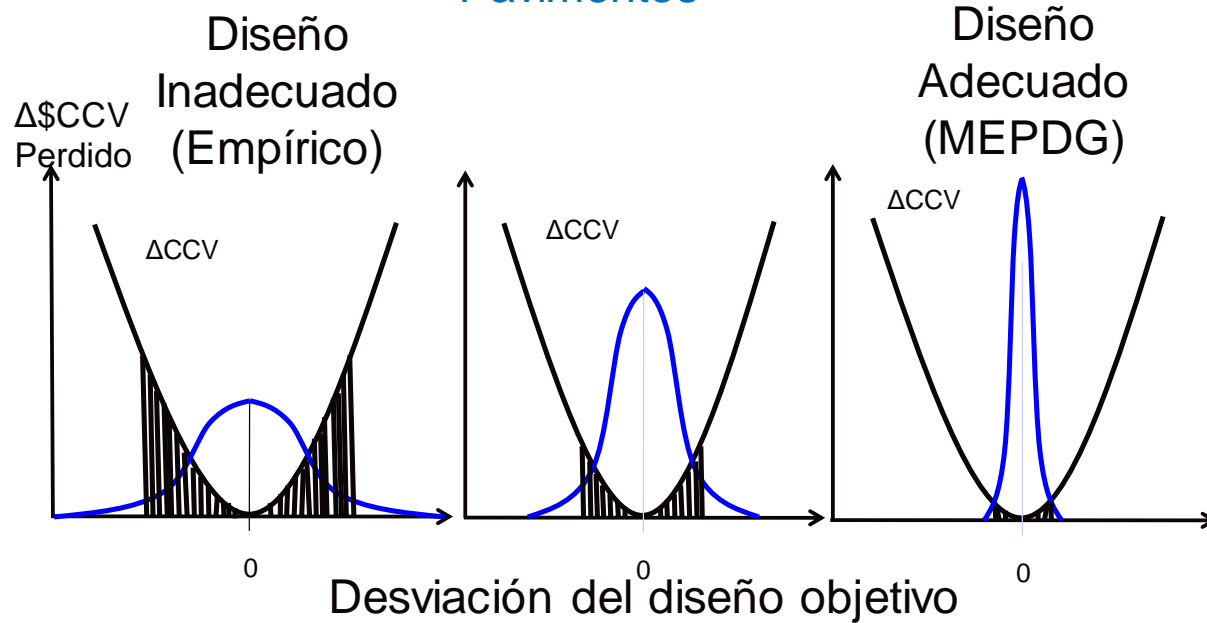
Consecuencias Económicas de un “Diseño Inadecuado”



Fuente: Ing. Matthew Witzack, MSc, PhD, CILA 2009

Sacando punta al lápiz...

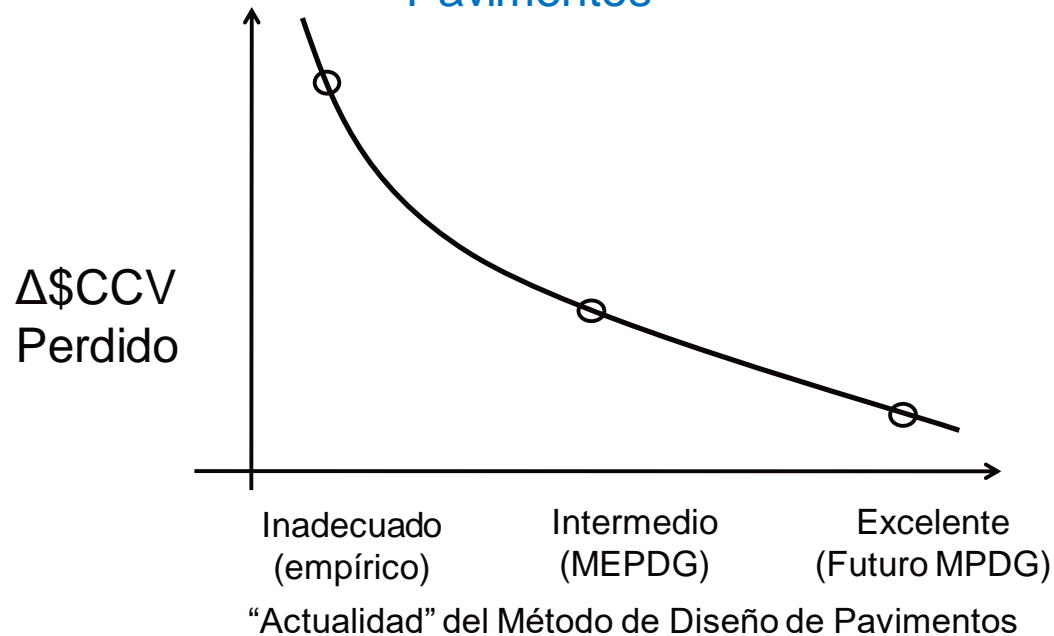
Importancia Económica de la Metodología Actual de Desempeño de Pavimentos



Fuente: Ing. Matthew Witzack, MSc, PhD, CILA 2009

Diseño ME → Reducción Δ CCV

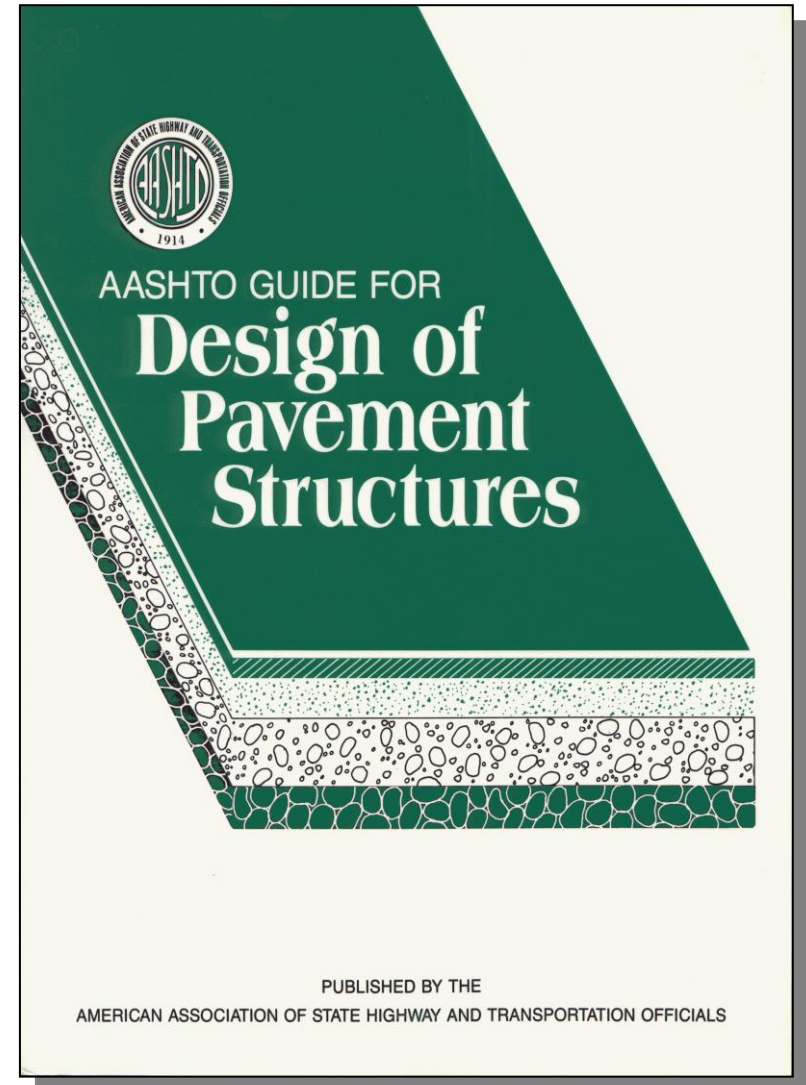
Importancia Económica de la Metodología Actual de Desempeño de Pavimentos



AASHTO 93

Método Empírico

Estadísticos basados en
ensayos experimentales



AASHTO - MEPDG 1^{era} Edición - 2008

Mechanistic-Empirical
Pavement Design Guide

A Manual of Practice

July 2008
Interim Edition



AASHTO - MEPDG 2^{da} Edition - 2015



Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide
~ A Manual of Practice ~



July 2015 • Second Edition

AMERICAN ASSOCIATION
OF STATE HIGHWAY AND
TRANSPORTATION OFFICIALS
AASHTO

AASHTO – MEPDG 3^{ra} Edición - 2020



Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide
~ *A Manual of Practice* ~



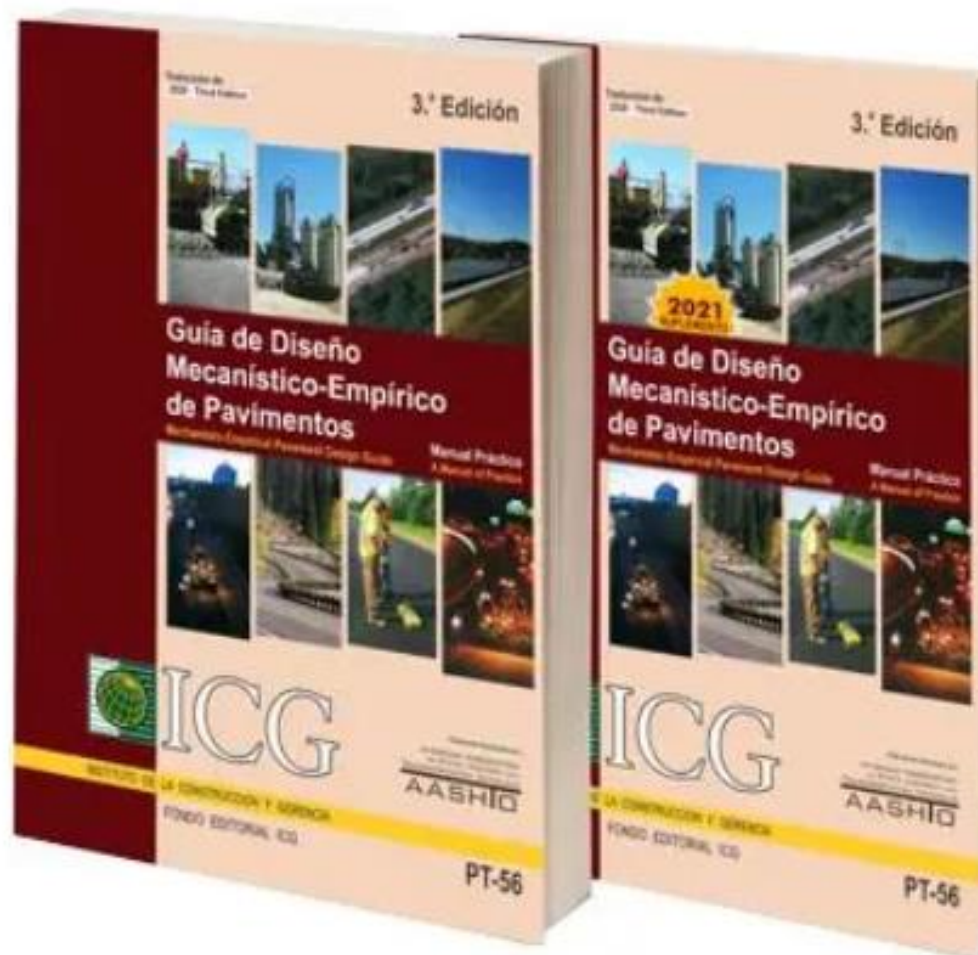
2020 • Third Edition

AMERICAN ASSOCIATION
OF STATE HIGHWAY AND
TRANSPORTATION OFFICIALS
AASHTO

MEPDG representa un cambio sustancial en la manera de diseñar pavimentos.

Acercas más al diseñador a la realidad y considera tráfico, características estructurales, materiales, construcción, y clima.

AASHTO – MEPDG 3^{ra} Edición - 2020





Comité Internacional de Pavimentos ME (CIPME)

Ángel Gomez Ramos, Ing.
Director Ejecutivo CIPME

Carlos M. Chang, Ph.D. P.E.
Coordinador CIPME

* Perú

Ángel Gómez – Instituto de la Construcción y Gerencia
José Castillo – Miembro ICG
Marco Montalvo – CESEL S.A.
Ricardo Madrid – Universidad de Lima
Walter Aguirre – Consultor en Pavimentos y Vialidad
Wilfredo Gutierrez – Univ. Nacional de Ingeniería, UNI

* España

Alberto Esteban Ciria – Energías Renovables en Ruralia

* Estados Unidos

Amir Ghalipour – Federal Highway Administration, FHWA
Athanasios T. Papagiannakis – Univ. of Texas at San Antonio
Carlos M. Chang – Florida International University, FIU
Delmar Salomon – Pavement Preservation Systems
Linda M. Pierce – NCE
Rafael Menendez – Foresight PES, Texas

* Argentina

Julián Rivera – Univ. Tecnología Nacional, LEMaC
Marcelo Bustos – Univ. Nacional de San Juan
Marta Pagola – Univ. Nacional de Rosario
Oscar Giovanon – Univ. Nacional de Rosario
Silvia Angelone – Univ. Nacional de Rosario

* Guatemala

Estuardo Herrera – Cementos Progreso
Hugo González – 4pisos
Luis Siliezar – Cementos Progreso

* Bolivia

Marcelo Alfaro – Inst. Boliviano del Cemento y el Hormigón
Roseno Soruco – Inst. Boliviano del Cemento y el Hormigón

* México

Carlos Salazar – Secretaría de Gobierno de México
Javier Gómez – G2 Ingeniería
José Rocher – Rocher Ingeniería
José F. Ramos – Secretaría de Gobierno de México
Luis Rocher – Rocher Ingeniería
Luz Vazquez – CEMEX
Marco Inzunza – CEMEX

* Chile

Mauricio Salgado – GesInfra Consultores
Rodrigo Delgadillo – Univ. Técnica Federico Santa María

* Colombia

Freddy Reyes – Universidad Javeriana
Gilberto Martínez – Universidad del Norte
Julián Vidal – Universidad EAFIT

* Costa Rica

Luis G. Loria – Univ. Isaac Newton de Costa Rica



Comité Internacional de Pavimentos ME (CIPME)

Ángel Gomez Ramos, Ing.
Director Ejecutivo CIPME

Carlos M. Chang, Ph.D. P.E.
Coordinador CIPME

* Perú

Ángel Gómez – Instituto de la Construcción y Gerencia
José Castillo – Miembro ICG
Marco Montalvo – CESE S.A.
Ricardo Madrid – Universidad de Lima
Walter Aguirre – Consultor en Pavimentos y Vialidad
Wilfredo Gutierrez – Univ. Nacional de Ingeniería, UNI

* España

Alberto Esteban Ciria – Energías Renovables en Ruralia

* Estados Unidos

Amir Ghalipour – Federal Highway Administration, FHWA
Athanasios T. Papagiannakis – Univ. of Texas at San Antonio
Carlos M. Chang – Florida International University, FIU
Delmar Salomon – Pavement Preservation Systems
Linda M. Pierce – NCE
Rafael Menendez – Foresight PES, Texas

* Argentina

Julián Rivera – Univ. Tecnología Nacional, LEMaC
Marcelo Bustos – Univ. Nacional de San Juan
Marta Pagola – Univ. Nacional de Rosario
Oscar Giovanon – Univ. Nacional de Rosario
Silvia Angelone – Univ. Nacional de Rosario

* Guatemala

Estuardo Herrera – Cementos Progreso
Hugo González – 4pisos
Luis Siliezar – Cementos Progreso

* Bolivia

Marcelo Alfaro – Inst. Boliviano del Cemento y el Hormigón
Rosendo Soruco – Inst. Boliviano del Cemento y el Hormigón

* México

Carlos Salazar – Secretaría de Gobierno de México
Javier Gómez – G2 Ingeniería
José Rocher – Rocher Ingeniería
José F. Ramos – Secretaría de Gobierno de México
Luis Rocher – Rocher Ingeniería
Luz Vazquez – CEMEX
Marco Inzunza – CEMEX

* Chile

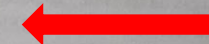
Mauricio Salgado – GesInfra Consultores
Rodrigo Delgadillo – Univ. Técnica Federico Santa María

* Colombia

Freddy Reyes – Universidad Javeriana
Gilberto Martínez – Universidad del Norte
Julián Vidal – Universidad EAFIT

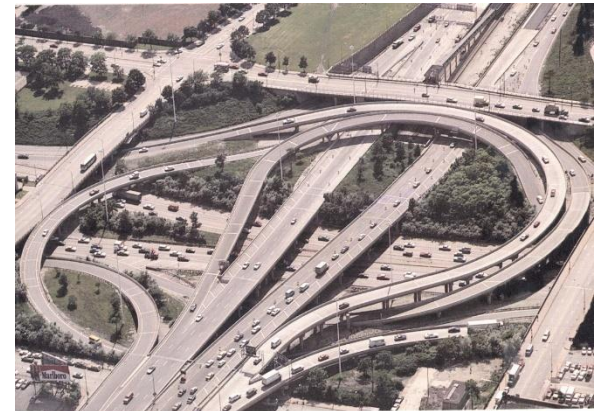
* Costa Rica

Luis G. Loria – Univ. Isaac Newton de Costa Rica



Propósito del Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO - MEPDG

El manual presenta información para guiar a los ingenieros de pavimentos en la **toma de decisiones** utilizando métodos mecanístico-empíricos (ME) para el diseño de pavimentos nuevos y rehabilitados.

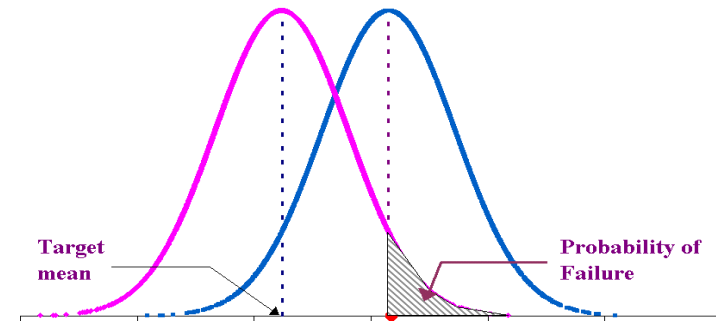
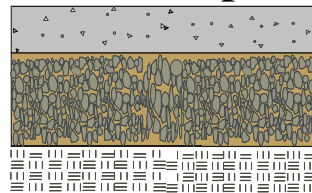


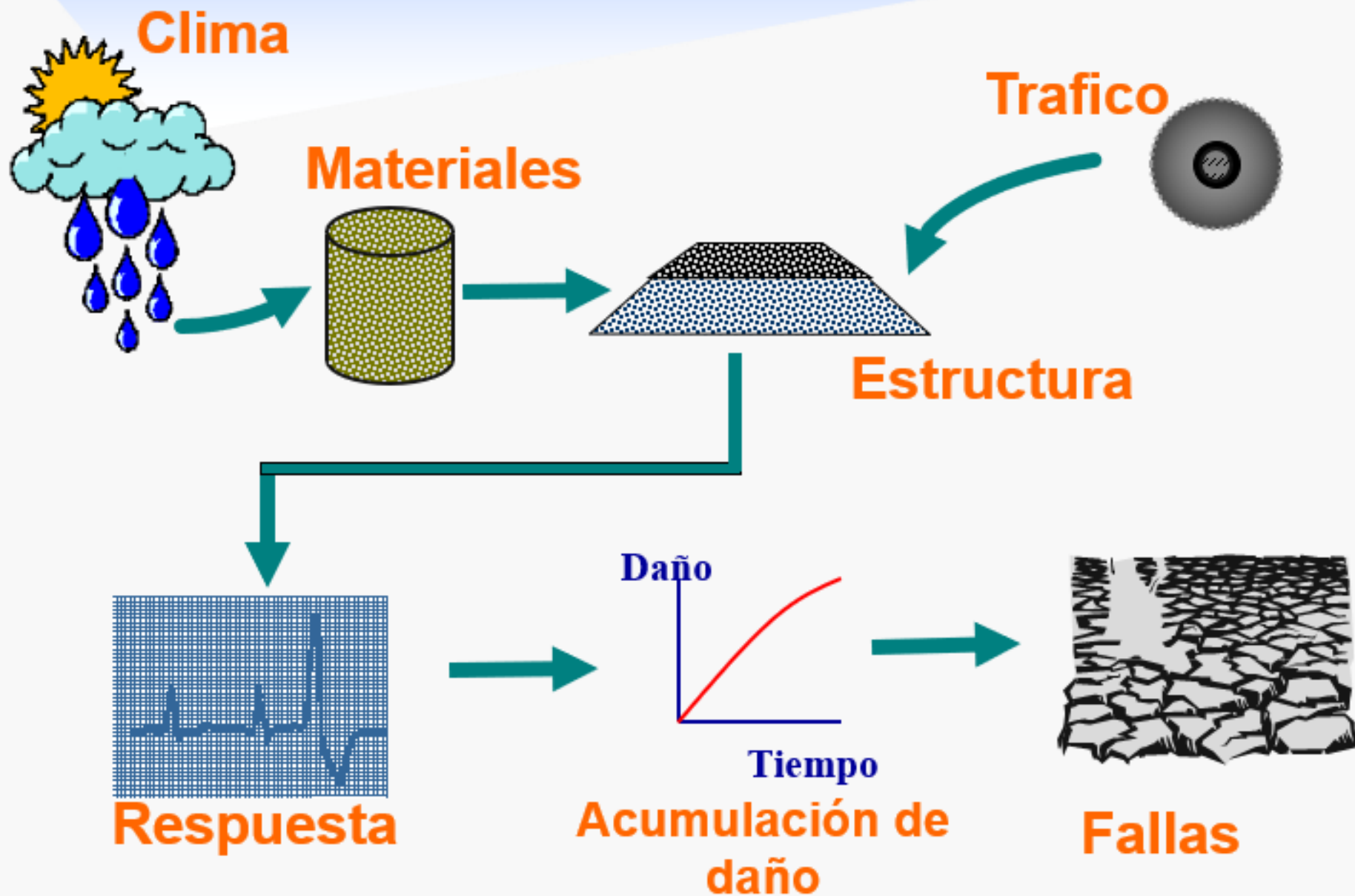
Verificación del Desempeño

El procedimiento evalúa un diseño propuesto para determinar si cumple con el comportamiento esperado bajo los criterios establecidos para un determinado nivel de confiabilidad



Diseño Propuesto

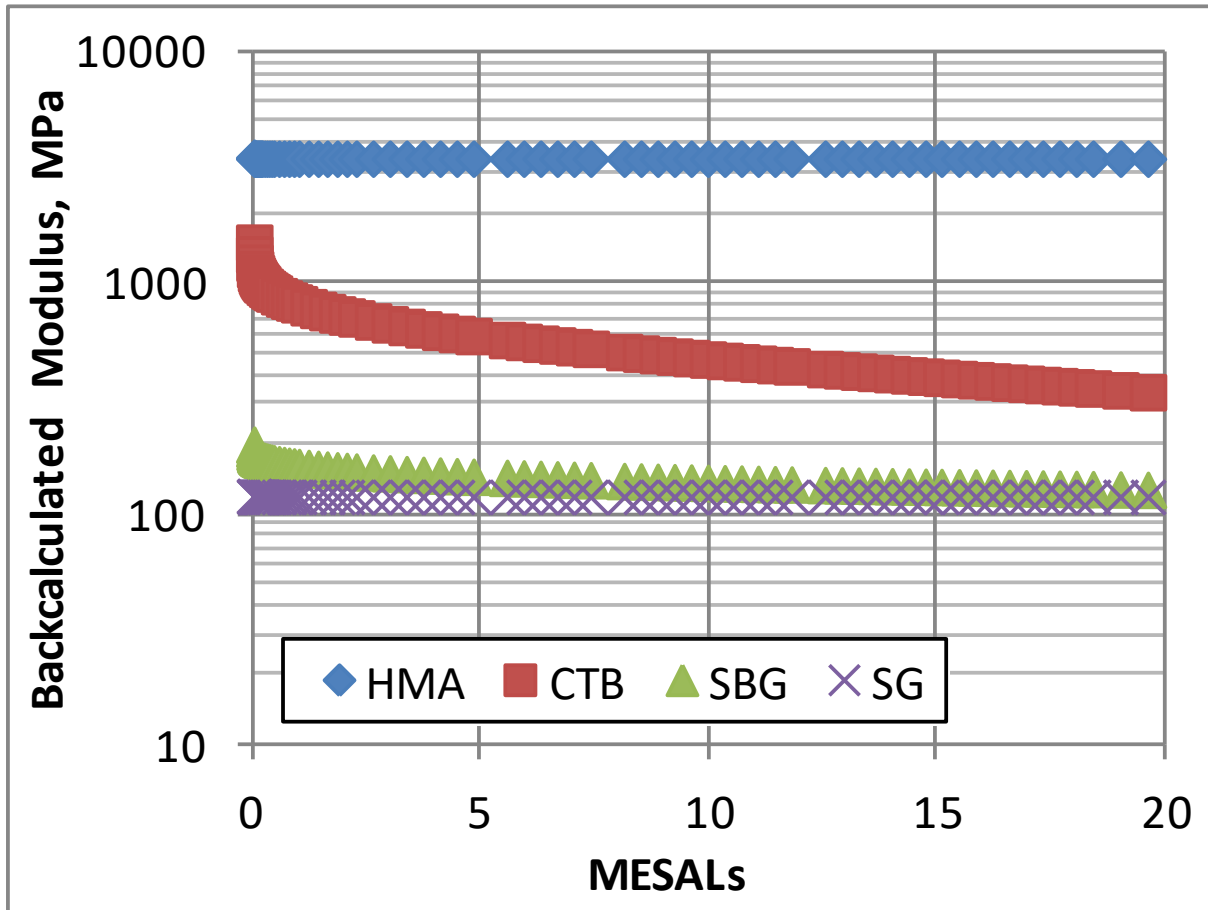




Daño Incremental

- ✓ En cada incremento de tiempo, los siguientes parámetros son utilizados para calcular el daño incremental:
- ✓ Propiedades de los materiales
- ✓ Temperatura y humedad de acuerdo a la estación
- ✓ Variación estacional del tráfico

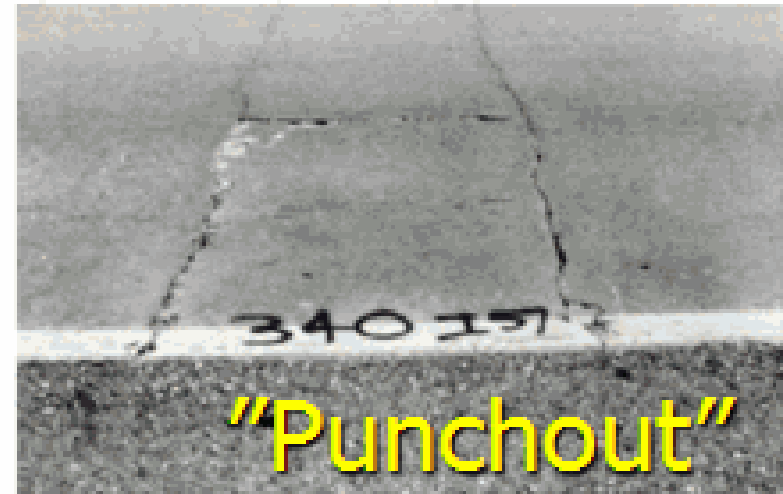
Daño Incremental

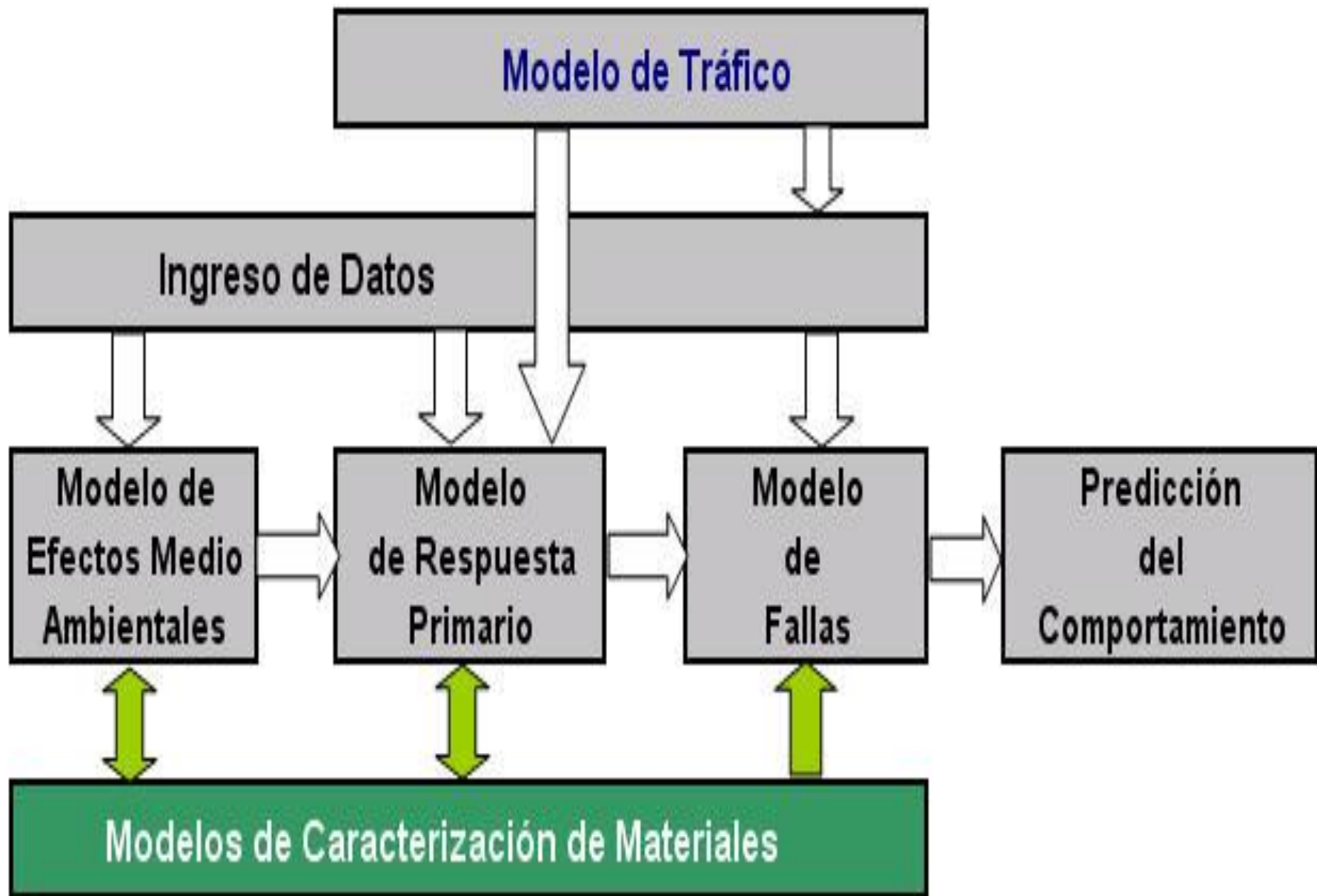


Fallas en Pavimentos Flexibles



Fallas en Pavimentos Rígidos





Beneficios de MEPDG

Diseño Estructural
Adecuado

Uso de Materiales
Adecuados

Materiales usados
apropiadamente

Mejora las Operaciones
de Producción y
Construcción



**Pavimentos
de
Larga Vida**



Beneficios de MEPDG

- ✓ Toma en cuenta muchos factores que cambian a través del tiempo (tráfico, clima, materiales)
- ✓ Permite la predicción de importantes mecanismos de falla así como la rugosidad a través del tiempo
- ✓ Caracterización del tráfico mejorada
- ✓ Caracterización de materiales mejorada
- ✓ Capacidades de modelaje estructural mejoradas

AASHTOWARE PAVEMENT ME DESIGN - RELEASE NOTES

Pavement ME Design™



Análisis Comparativo de Diseño de Pavimentos AASHTO 93 versus AASHTO MEPDG

Diseño de Pavimentos AASHTO 1993

AASHTO 1993

Pavimento Flexible

Capa	Espesor (cm.)
Carpeta de mezcla asfáltica en caliente	5
Base Granular	40
Subbase Granular	40

Pavimento Rígido

Capa	Espesor (cm.)
Losa de Concreto	25.5
Base Granular	15

Tráfico de Diseño = ESAL = $5 * 10^6$
CBR = 5 % - > Mr = 7,157 psi

Verificación del Pavimento Flexible con AASHTO MEPG

Tipo de falla del Pavimento Flexible	ESAL $5 * 10^6$
IRI Terminal (cm/km)	Pasa
Deformación Permanente – Pavimento Total (cm)	Falla
Fisuración por fatiga de la carpeta asfáltica de abajo hacia arriba (% de área del carril)	Pasa
Fisuración total de la carpeta asfáltica (m/km)	Pasa
Fisuración por fatiga de la carpeta asfáltica de arriba hacia abajo (m/km)	Falla
Deformación Permanente – Solamente carpeta asfáltica (cm)	Falla

Pavimento Rígido CUMPLE ... pero puede optimizarse



Flex Design A



File Name: D:\Courses Spring 2017\CE 5351 Pavement Design\Final Exam\MEPDG Designs\Flex Design A.dgpx

Design Inputs

Design Life: 25 years Base construction: July, 2017 Climate Data: 31.811, -106.376
 Design Type: FLEXIBLE Pavement construction: August, 2017 Sources (Lat/Lon)
 Traffic opening: September, 2018

Design Structure

Layer type	Material Type	Thickness (in)
Flexible	Default asphalt concrete	2.0
NonStabilized	Crushed gravel	15.0
NonStabilized	A-1-b	15.0
Subgrade	A-7-5	Semi-infinite

Volumetric at Construction:

Effective binder content (%)	11.0
Air voids (%)	8.5

Traffic

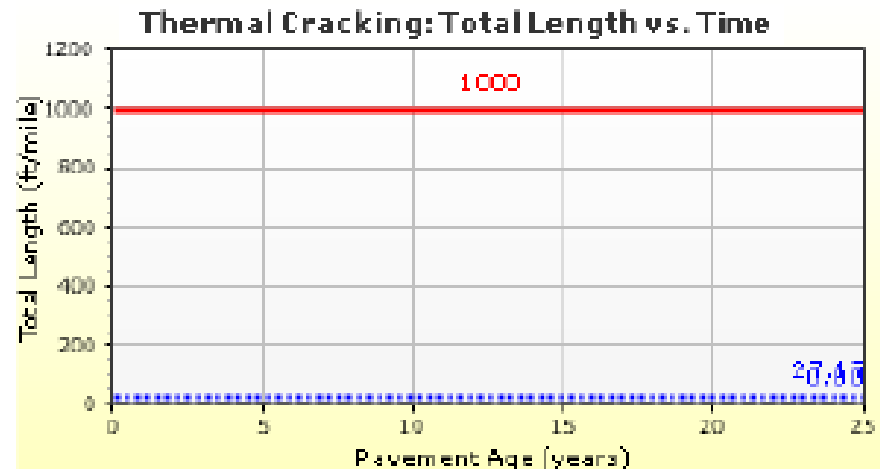
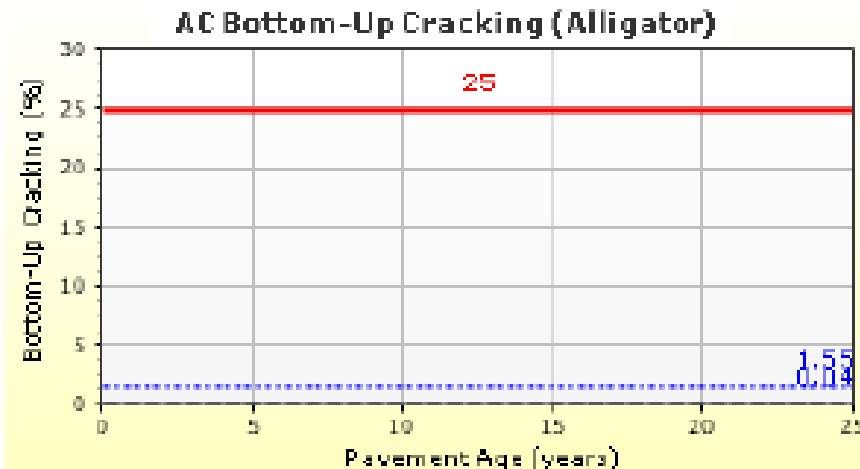
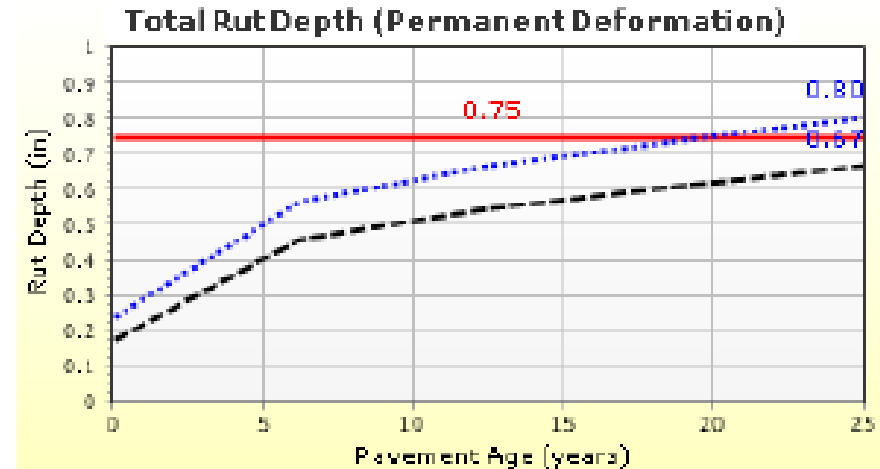
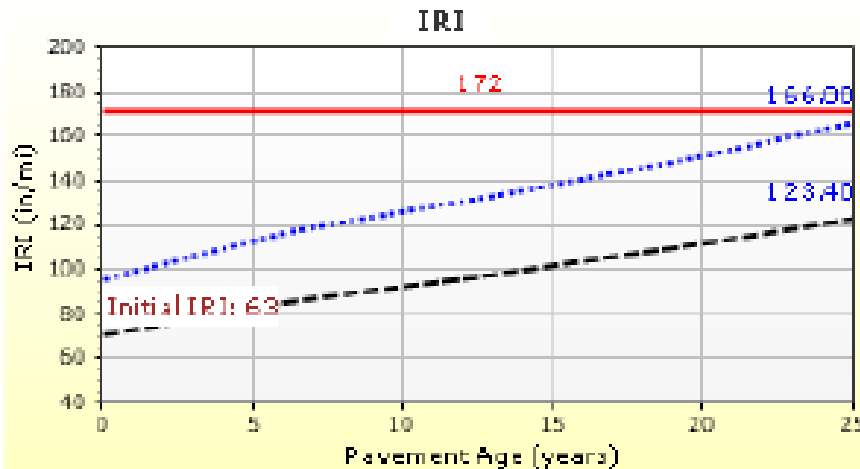
Age (year)	Heavy Trucks (cumulative)
2018 (initial)	277
2030 (12 years)	593,286
2043 (25 years)	1,375,970

Design Outputs

Distress Prediction Summary

Distress Type	Distress @ Specified Reliability		Reliability (%)		Criterion Satisfied?
	Target	Predicted	Target	Achieved	
Terminal IRI (in/mile)	172.00	165.97	90.00	92.83	Pass
Permanent deformation - total pavement (in)	0.75	0.80	90.00	78.01	Fail
AC bottom-up fatigue cracking (% lane area)	25.00	1.55	90.00	100.00	Pass
AC thermal cracking (ft/mile)	1000.00	27.17	90.00	100.00	Pass
AC top-down fatigue cracking (ft/mile)	1000.00	1135.36	90.00	87.01	Fail
Permanent deformation - AC only (in)	0.25	0.27	90.00	84.14	Fail

Distress Charts



— Threshold Value
 ⋯ @ Specified Reliability
 - - - @ 50% Reliability

Diseño de Pavimentos AASHTO MEPG

AASHTO 1993

AASHTO MEPG 2015

Pavimento Flexible

Capa	Espesor (cm.)
Carpeta de mezcla asfáltica en caliente	5
Base Granular	40
Subbase Granular	40

Pavimento Flexible

Capa	Espesor (cm.)
Carpeta de mezcla asfáltica en caliente	25
Base Granular no estabilizada	30
Subbase Granular no estabilizada	30

Pavimento Rígido

Capa	Espesor (cm.)
Losa de Concreto	25.5
Base Granular	15

Pavimento Rígido

Capa	Espesor (cm.)
Losa de Concreto	23
Base Granular	15

Tráfico de Diseño = ESAL = $5 * 10^6$
CBR = 5 % - > Mr = 7,157 psi



Rigid 1_new design

File Name: C:\Users\CARLOS\Desktop\Design Rigid\Rigid 1_new design.dgpx



Design Inputs

Design Life: 25 years

Design Type: JPCP

Existing construction: -

Pavement construction: August, 2017

Traffic opening: September, 2017

Climate Data 31.811, -106.378

Sources (Lat/Lon)

Design Structure

Layer type	Material Type	Thickness (in)
PCC	JPCP Default	9.0
NonStabilized	A-1-b	6.0
Subgrade	A-7-5	Semi-infinite

Joint Design:	
Joint spacing (ft)	15.0
Dowel diameter (in)	1.25
Slab width (ft)	12.0

Traffic

Age (year)	Heavy Trucks (cumulative)
2017 (initial)	153
2029 (12 years)	327,699
2042 (25 years)	780,012

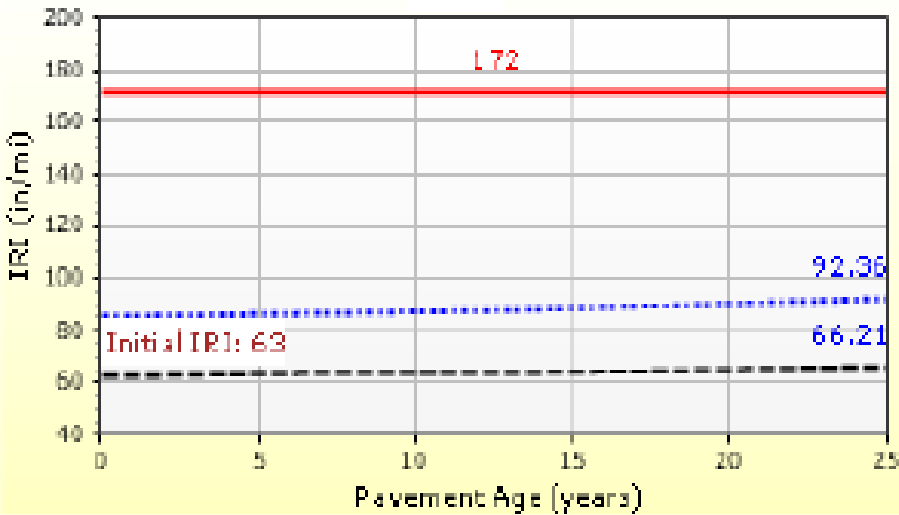
Design Outputs

Distress Prediction Summary

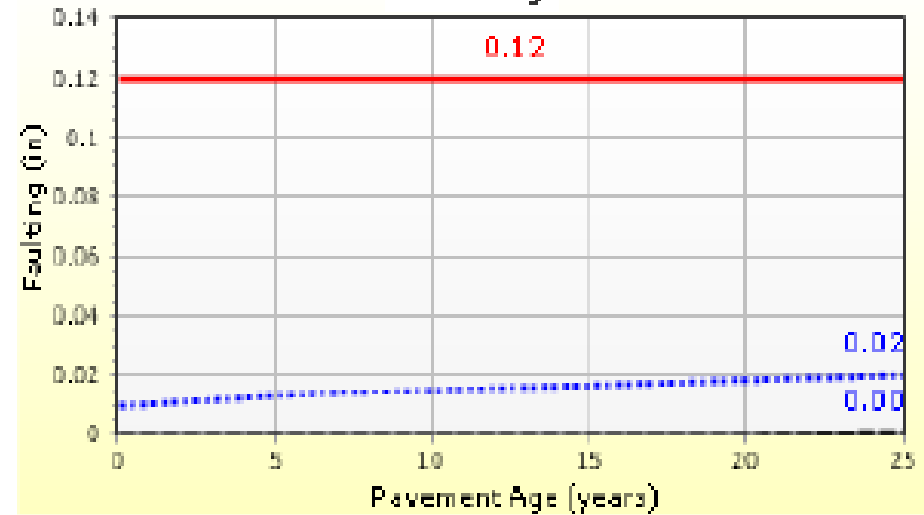
Distress Type	Distress @ Specified Reliability		Reliability (%)		Criterion Satisfied?
	Target	Predicted	Target	Achieved	
Terminal IRI (in/mile)	172.00	92.36	90.00	100.00	Pass
Mean joint faulting (in)	0.12	0.02	90.00	100.00	Pass
JPCP transverse cracking (percent slabs)	15.00	10.02	90.00	98.43	Pass

Distress Charts

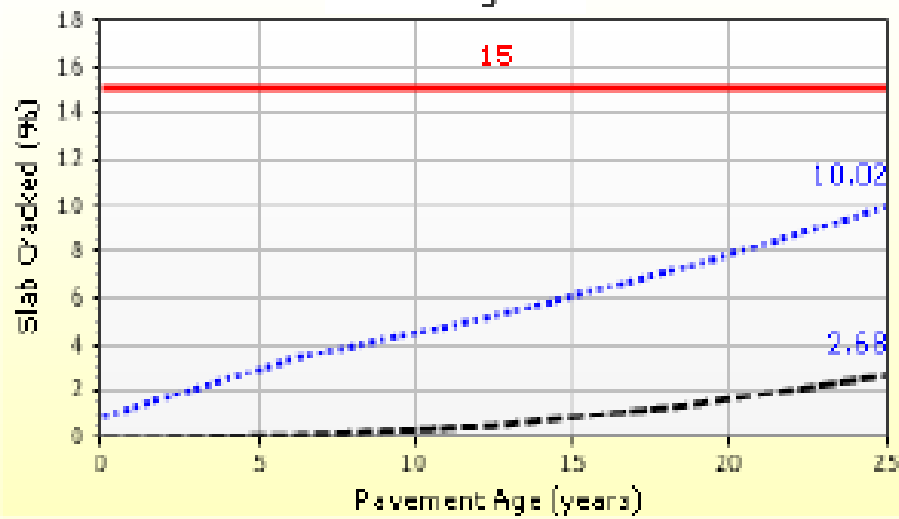
IRI



Faulting



Cracking PCC



— Threshold Value @ Specified Reliability - - - @ 50% Reliability

Conclusiones

1. MEPDG-AASHTO 2015 representa un método confiable para el diseño de pavimentos siempre y cuando los **modelos de predicción de desempeño** estén **calibrados a las condiciones locales** en cada país.
2. La **implementación del MEPDG en Latinoamérica** depende de la posibilidad de poder calibrar estos modelos para los climas y materiales de cada país.

Conclusiones

3. Es importante construir una **base de datos climáticos** para lo cual se recomienda obtener esta información de estaciones climáticas certificadas.
4. Los **censos de cargas** se deben realizar en forma sistemática para mantener una base de datos actualizada que garantice que los espectros de cargas reflejen las condiciones de tránsito locales.
5. MEPDG requiere de un **esfuerzo conjunto** de parte de las entidades gubernamentales, universidades, consultores, y constructores.



Symposium
ISAP
Costa Rica, October 25-27, 2022
International Symposium of Asphalt Pavements
Simposio Internacional de Pavimentos Asfálticos

¡Lo mejor en Pavimentos Asfálticos llega a Costa Rica!

Un congreso de interés mundial para actualización de conocimientos con la participación de **30 científicos** en **3 días** de evento

Conozca algunos de nuestros conferencistas



Rajib Basu Mallick
India 🇮🇳
Profesor afiliado, Instituto Politécnico de Worcester (WPI), Massachusetts, EE. UU. Profesor, Instituto Indio de Tecnología, IIT, Delhi, India



Jo Sias
Estados Unidos 🇺🇸
Profesora, UNH; Presidenta de la Asociación de Tecnólogos en Pavimentación Asfáltica (AAPT); Editor asociado de Road Materials and Pavement Design Journal



Silvia Caro
Colombia 🇨🇴
Presidenta de la Academy of Pavement Science and Engineering (APSE), directora del comité técnico internacional AKM40 de TRB

¡Le esperamos en Costa Rica! Participe de manera presencial ó virtual del 25 al 27 de octubre, 2022



Más información visite:
www.ISAP2022.com / info@isap2022.com / (506) 2283 - 5016 o 2234 - 3066



El **simposio más importante** en **pavimentos asfálticos** llega a **Latinoamérica** se desarrollará en **Costa Rica**

Symposium
ISAP
Costa Rica, October 25-27, 2022
International Symposium of Asphalt Pavements
Simposio Internacional de Pavimentos Asfálticos

Participe de este evento donde se reunirán **más de 100 científicos y expertos**

Extendemos el orgullo de acoger este evento en la región, por eso le invitamos a **aprovechar la tarifa preferencial** que tendremos para inscripciones **hasta el 15 de septiembre**

Cuota Inscripción Presencial	Cuota Inscripción Virtual
USD 525,00 + 2% IVA	USD 325,00 + 2% IVA
Tarifa oficial: USD 725,00 + 2% IVA	Tarifa oficial: USD 475,00 + 2% IVA

Código promocional: ISAPenCR


Paso 1: Ingrese el código promocional en el formulario de inscripción.
Paso 2: Recibirá en su correo electrónico el botón de pago con la tarifa preferencial.



Más información
www.ISAP2022.com / info@isap2022.com / (506) 2283-5016 o 2234-3066



¡Muchas Gracias!

lgoria@uin.cr
 @lgoria27

