



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

■ CONGRESO PARAGUAYO

2do

Vialidad y Tránsito

6 y 7 de Octubre 2016 | Encarnación
EXPO VIAL | Paraguay



Uso de Bonos/Penalidades para Obtener Carreteras más Durables

Dr. Jorge A. Prozzi

La Universidad de Texas en Austin

2do. Congreso Paraguayo de Vialidad y Tránsito

Encarnación, 7 de octubre de 2016



TEXAS

The University of Texas at Austin

Introducción

- Texas DOT Pay Adjustment Factor (PAF)
 - Producción (pavimentos flexibles)
 - Construcción (pavimentos flexibles)
 - Producto Final (pavimentos flexibles y rígidos)
- Antes del 2004: no usados
- Desde del 2004: basados en desviación con respecto a un “contratista promedio”.

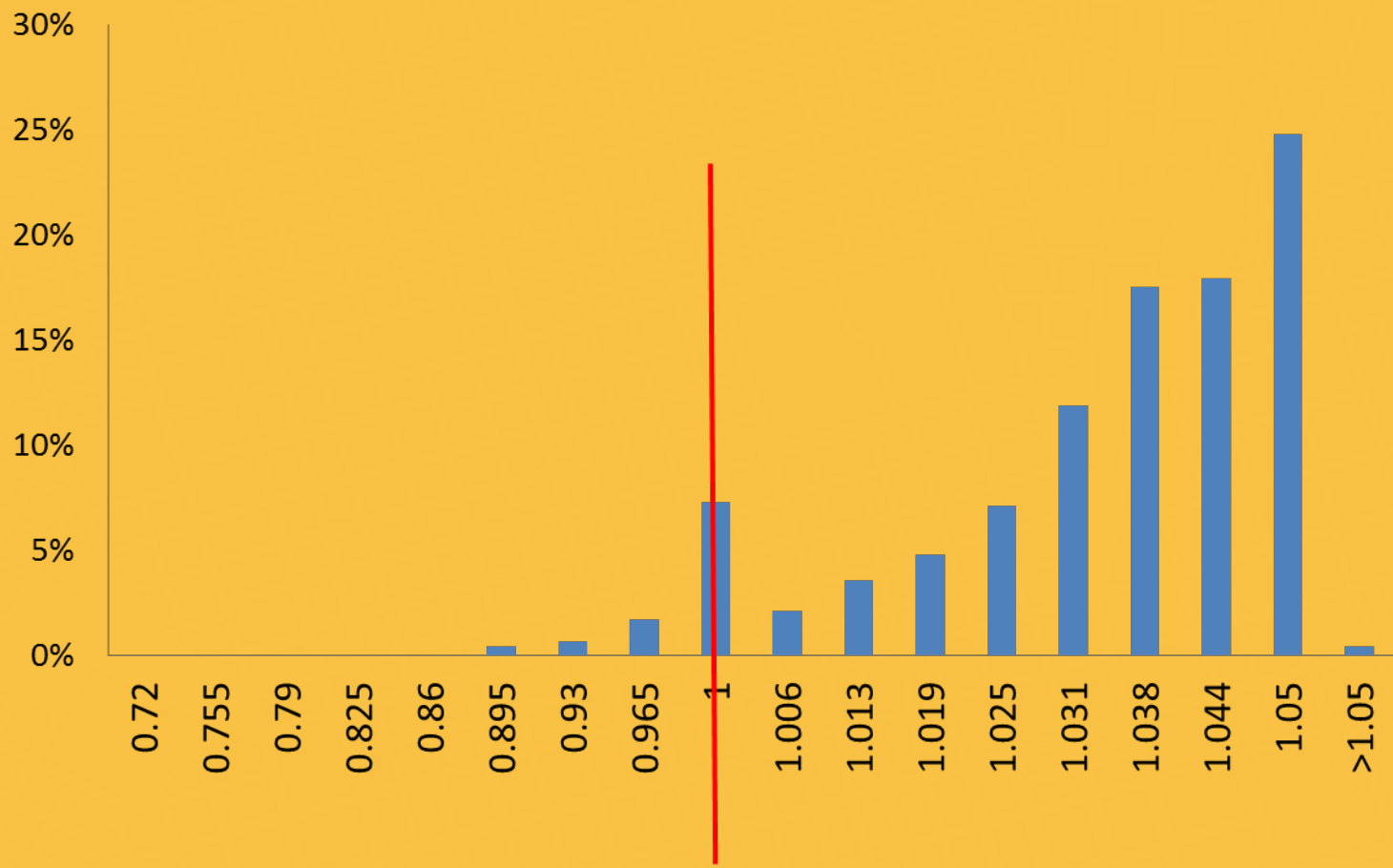
PAF por Producción

- Controlar la calidad de la mezcla asfáltica producida en la planta.
- Basados en densidad de la probetas moldeadas en planta.
- Función de la desviación de la densidad de laboratorio con respecto a la de diseño.
 - La producción puede ser suspendida si la desviación excede 1.8%
- Valor: Se calcula como porcentaje con respecto al costo de la mezcla asfáltica
 - Premio máximo: 5%
 - Penalidad máxima: hasta 28%

PAF por Producción

Absolute Deviation from Target Laboratory-Molded Density	Production Pay Adjustment Factor
0.0	1.050
0.1	1.050
0.2	1.050
0.3	1.044
0.4	1.038
0.5	1.031
0.6	1.025
0.7	1.019
0.8	1.013
0.9	1.006
1.0	1.000
1.1	0.965
1.2	0.930
1.3	0.895
1.4	0.860
1.5	0.825
1.6	0.790
1.7	0.755
1.8	0.720
> 1.8	Remove and replace

PAF por Producción



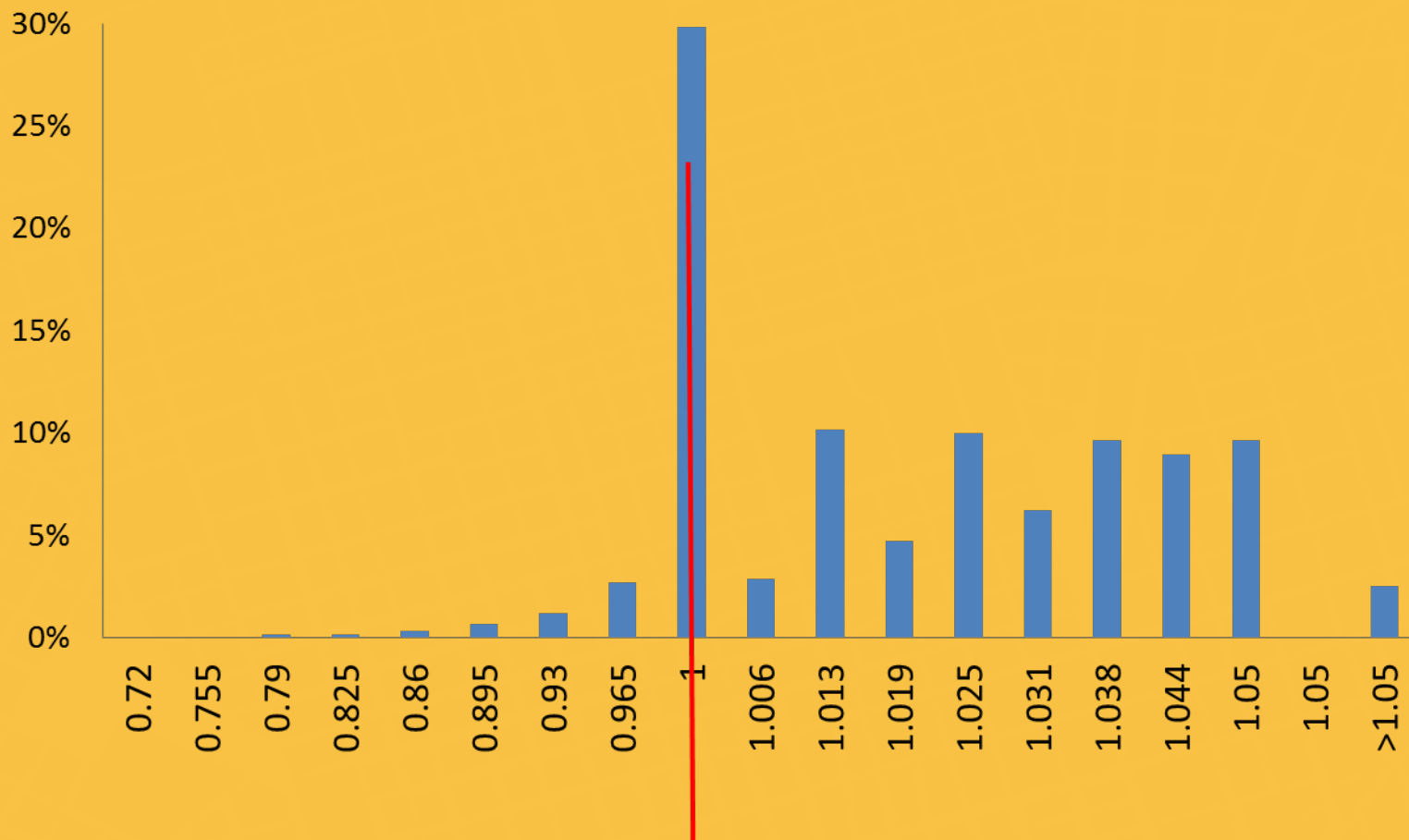
PAF por Construcción

- Asegurar la calidad del proceso constructivo.
- Basados en el contenido de vacíos del pavimento compactado.
- Función de índice de vacíos in-situ.
 - El proceso constructivo puede ser suspendido si el índice de vacío está fuera de (2.7 %, 9.9 %)
- Basado en un porcentaje del costo de la mezcla asfáltica.
 - Máximo premio posible: 5%

PAF por Construcción

In-Place Air Voids	Placement Pay Adjustment Factor	In-Place Air Voids	Placement Pay Adjustment Factor
< 2.7	Remove and Replace	6.4	1.042
2.7	0.705	6.5	1.040
2.8	0.720	6.6	1.038
2.9	0.735	6.7	1.036
3.0	0.750	6.8	1.034
3.1	0.765	6.9	1.032
3.2	0.780	7.0	1.030
3.3	0.795	7.1	1.028
3.4	0.810	7.2	1.026
3.5	0.825	7.3	1.024
3.6	0.840	7.4	1.022
3.7	0.855	7.5	1.020
3.8	0.870	7.6	1.018
3.9	0.885	7.7	1.016
4.0	0.900	7.8	1.014
4.1	0.915	7.9	1.012
4.2	0.930	8.0	1.010
4.3	0.945	8.1	1.008
4.4	0.960	8.2	1.006
4.5	0.975	8.3	1.004
4.6	0.990	8.4	1.002
4.7	1.005	8.5	1.000
4.8	1.020	8.6	0.998
4.9	1.035	8.7	0.996
5.0	1.050	8.8	0.994
5.1	1.050	8.9	0.992
5.2	1.050	9.0	0.990
5.3	1.050	9.1	0.960
5.4	1.050	9.2	0.930
5.5	1.050	9.3	0.900
5.6	1.050	9.4	0.870
5.7	1.050	9.5	0.840
5.8	1.050	9.6	0.810
5.9	1.050	9.7	0.780
6.0	1.050	9.8	0.750
6.1	1.048	9.9	0.720
6.2	1.046	> 9.9	Remove and Replace
6.3	1.044		

PAF por Construcción



PAF por Producto Final

- Asegurar adecuada regularidad superficial
- Basados en promedios de rugosidad histórica de proyectos recién construidos (en IRI)
- Función del IRI promedio de cada segmento de 0.1 milla (160 m)
 - Puede requerir acciones correctivas en áreas con IRI mayor de 95 inch/mile (1.5 m/km)
- Monto fijo por cada 0.1 milla de proyecto.
 - Valor máximo es de US\$600 por 0.1 milla.

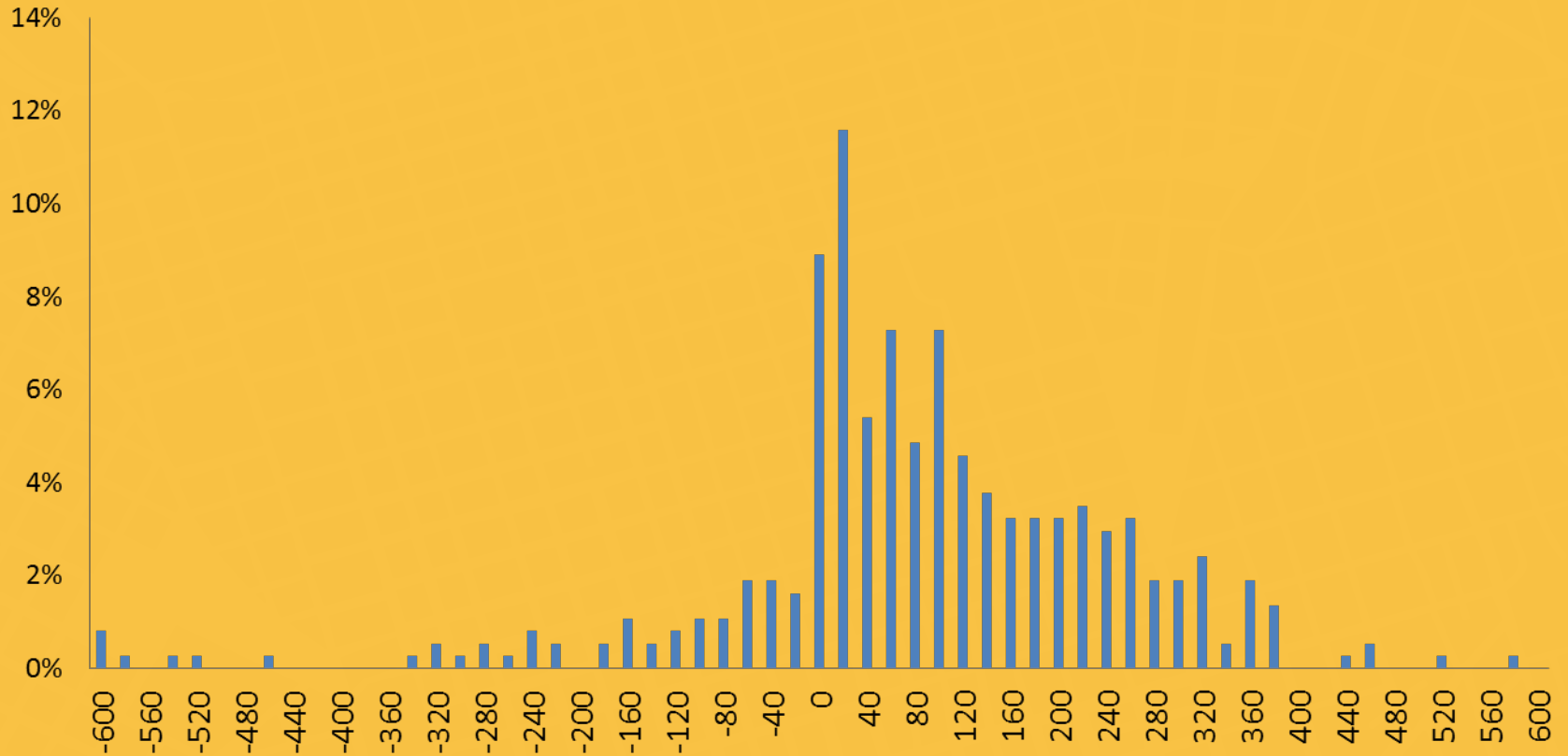
PAF por Producto Final

Average IRI for each 0.10 mi. of Traffic Lane (in. / mi.)	Pay Adjustment \$/0.10 mi. of Traffic Lane		
	Schedule 1	Schedule 2	Schedule 3
< 30	600	600	300
30	600	600	300
31	580	580	290
32	560	560	280
33	540	540	270
34	520	520	260
35	500	500	250
36	480	480	240
37	460	460	230
38	440	440	220
39	420	420	210
40	400	400	200
41	380	380	190
42	360	360	180
43	340	340	170
44	320	320	160
45	300	300	150
46	280	280	140
47	260	260	130
48	240	240	120
49	220	220	110
50	200	200	100
51	180	180	90
52	160	160	80
53	140	140	70
54	120	120	60
55	100	100	50
56	80	80	40
57	60	60	30
58	40	40	20
59	20	20	10
60	0	0	0
61	0	0	0

Average IRI for each 0.10 mi. of Traffic Lane (in./mi.)	Pay Adjustment \$/0.10 mi. of Traffic Lane		
	Schedule 1	Schedule 2	Schedule 3
62	0	0	0
63	0	0	0
64	0	0	0
65	0	0	0
66	-20	0	0
67	-40	0	0
68	-60	0	0
69	-80	0	0
70	-100	0	0
71	-120	0	0
72	-140	0	0
73	-160	0	0
74	-180	0	0
75	-200	0	0
76	-220	-20	0
77	-240	-40	0
78	-260	-60	0
79	-280	-80	0
80	-300	-100	0
81	-320	-120	0
82	-340	-140	0
83	-360	-160	0
84	-380	-180	0
85	-400	-200	0
86	-420	-220	0
87	-440	-240	0
88	-460	-260	0
89	-480	-280	0
90	-500	-300	0
91	-520	-320	0
92	-540	-340	0
93	-560	-360	0
94	-580	-380	0

Average IRI for each 0.10 mi. of Traffic Lane (in./mi.)	Pay Adjustment \$/0.10 mi. of Traffic Lane		
	Schedule 1	Schedule 2	Schedule 3
95	-600	-400	0
> 95	Corrective Action	Corrective Action	Not Applicable

PAF por Producto Final



Problemas Identificados

- El sistema corriente es totalmente sesgado
- Modernización de equipos de construcción y control de calidad.
- Tecnología avanzada en plantas y equipos de compactación.
- Reducción de la variabilidad del producto.
- Ha dejado de incentivar el mejoramiento y la innovación.

Objetivos de la Primera Face

- Revisión de sistema corriente de PAF
 - Producción
 - Construcción
 - Producto Final
- Desarrollo de un nuevo sistema basado en desempeño/performance
 - Promover mezclas que permitan obtener carreteras mas durables



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

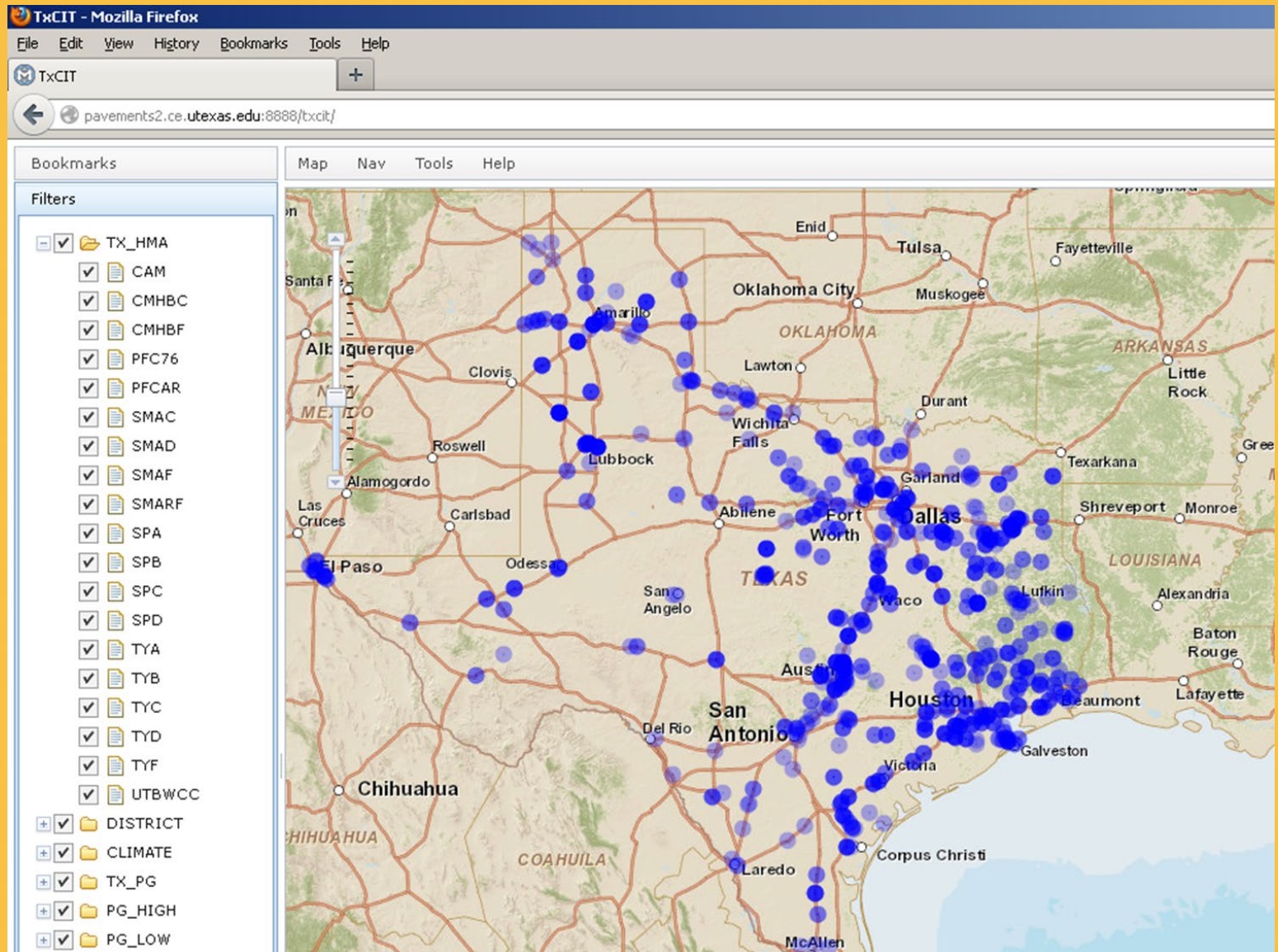


Base de Datos TxCIT

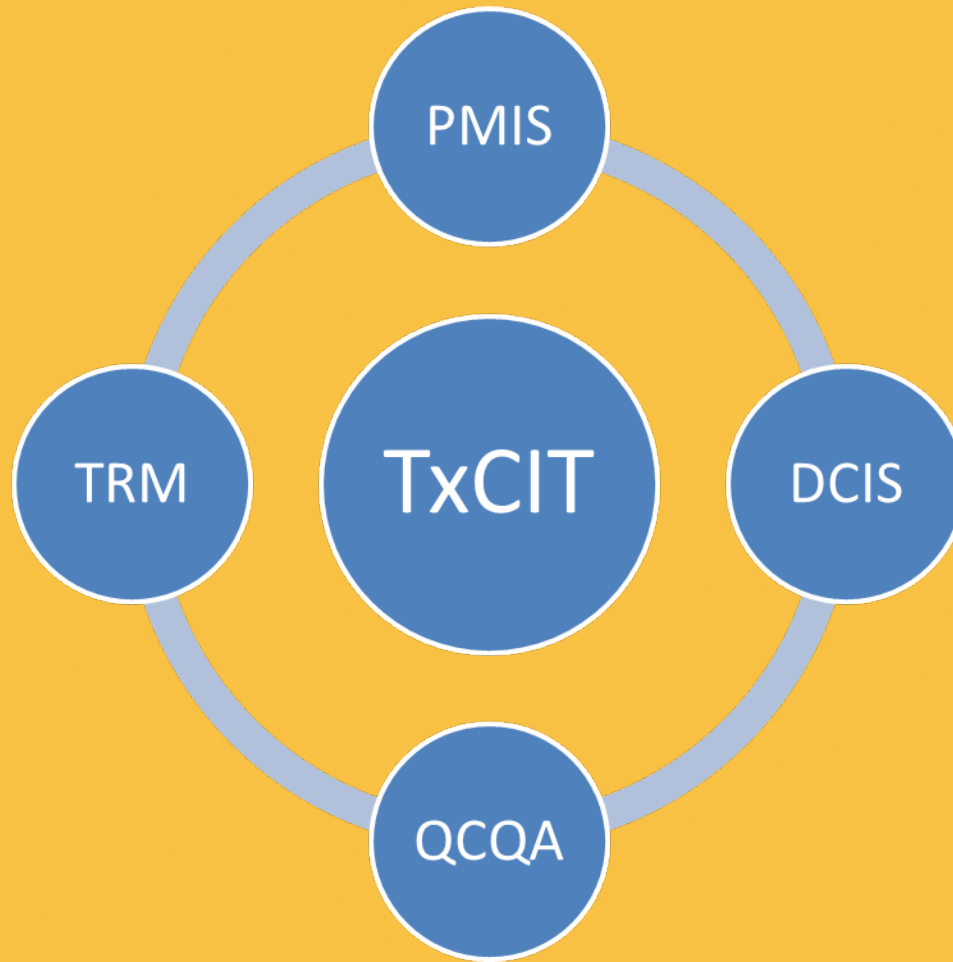
Texas Cartographic Information Technology
System

pavements.ce.utexas.edu

Base de Datos TxCIT



Base de Datos TxCIT



SiteManager (QC/QA)

- Diseño y Construcción
- Propiedades y parámetros medidos por TxDOT y Contratista cada 4 sub-lotes por cada lote (1 lote aprox. 1,000 toneladas)
- Propiedades de la mezcla asfáltica:
 - Contenido de asfalto
 - Granulometría
 - Propiedades volumétricas (VIM, VMA, VFA)

Pavement Management System (PMS)

- Años 2003 a 2013
- Rugosidad, ahuellamiento y agrietamiento
 - Visualmente y automáticamente
- Índices: distress, condition & ride score
 - Combinación de mediciones y factores de ponderación
- Trafico y Costos de Mantenimiento
 - Incorporados de TRM y MMIS



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

2do CONGRESO PARAGUAYO

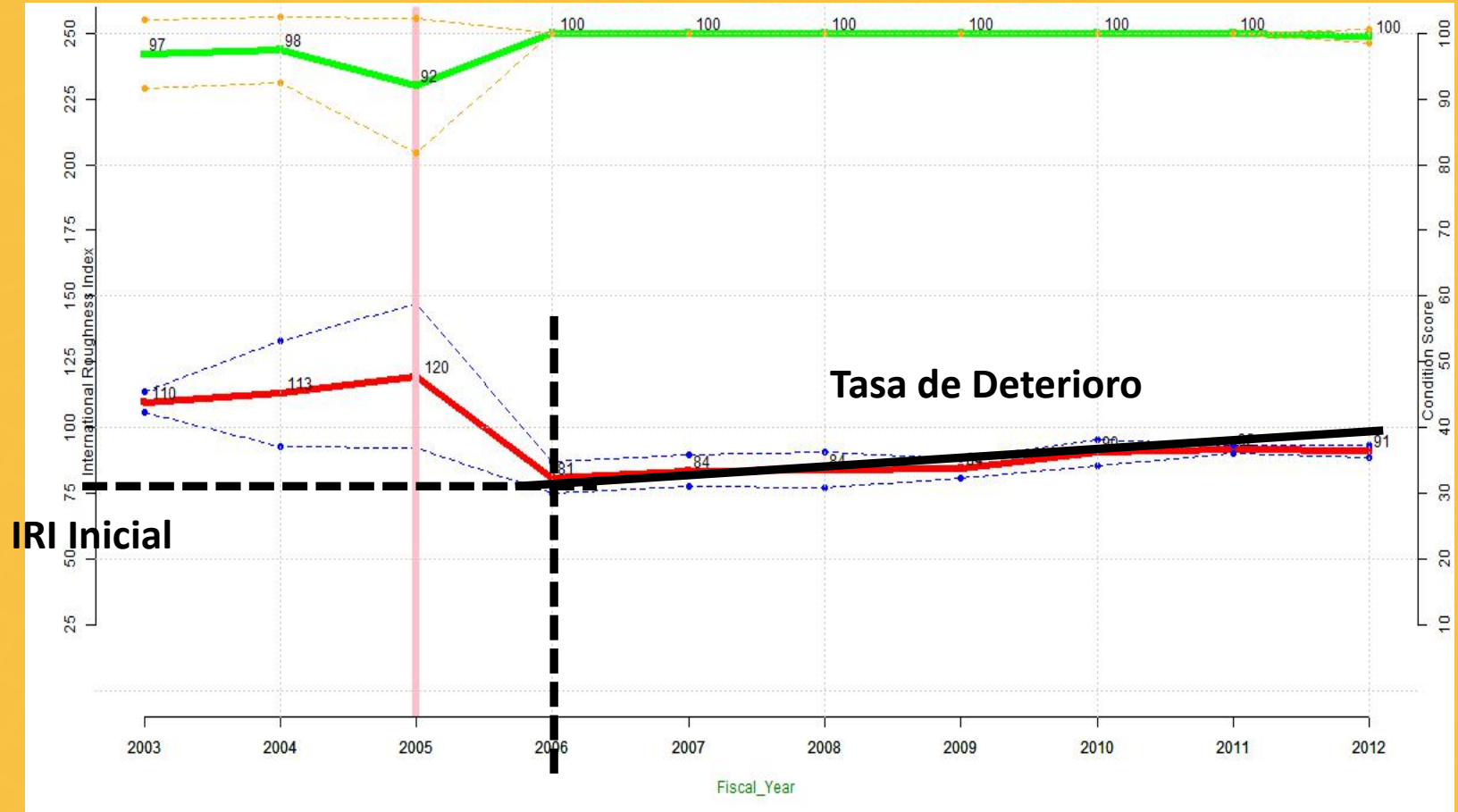
Vialidad
y Tránsito

6 y 7 de Octubre 2016 Encarnación
EXPO VIAL Paraguay

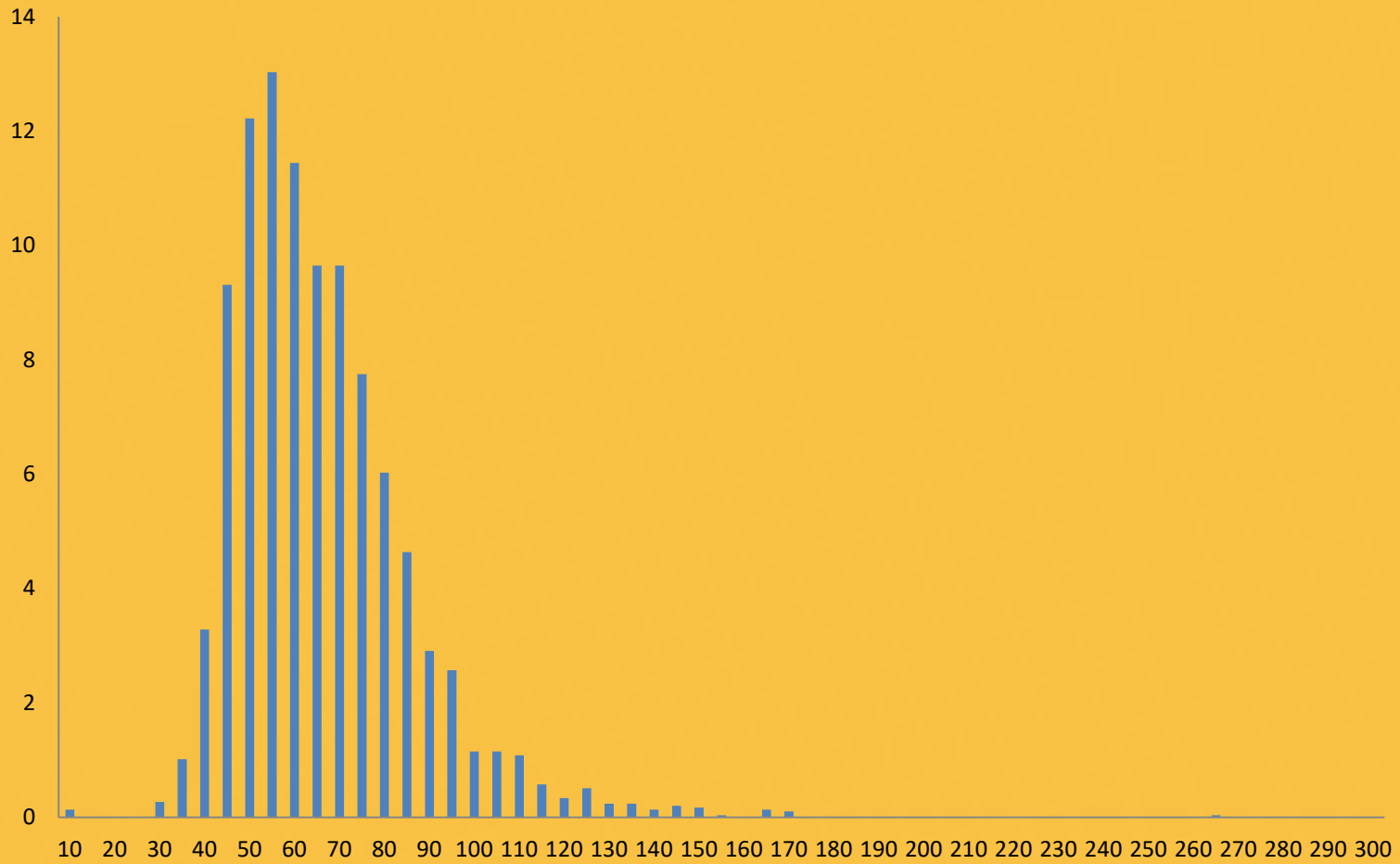


Desarrollo del Sistema de Bonos/Penalidades

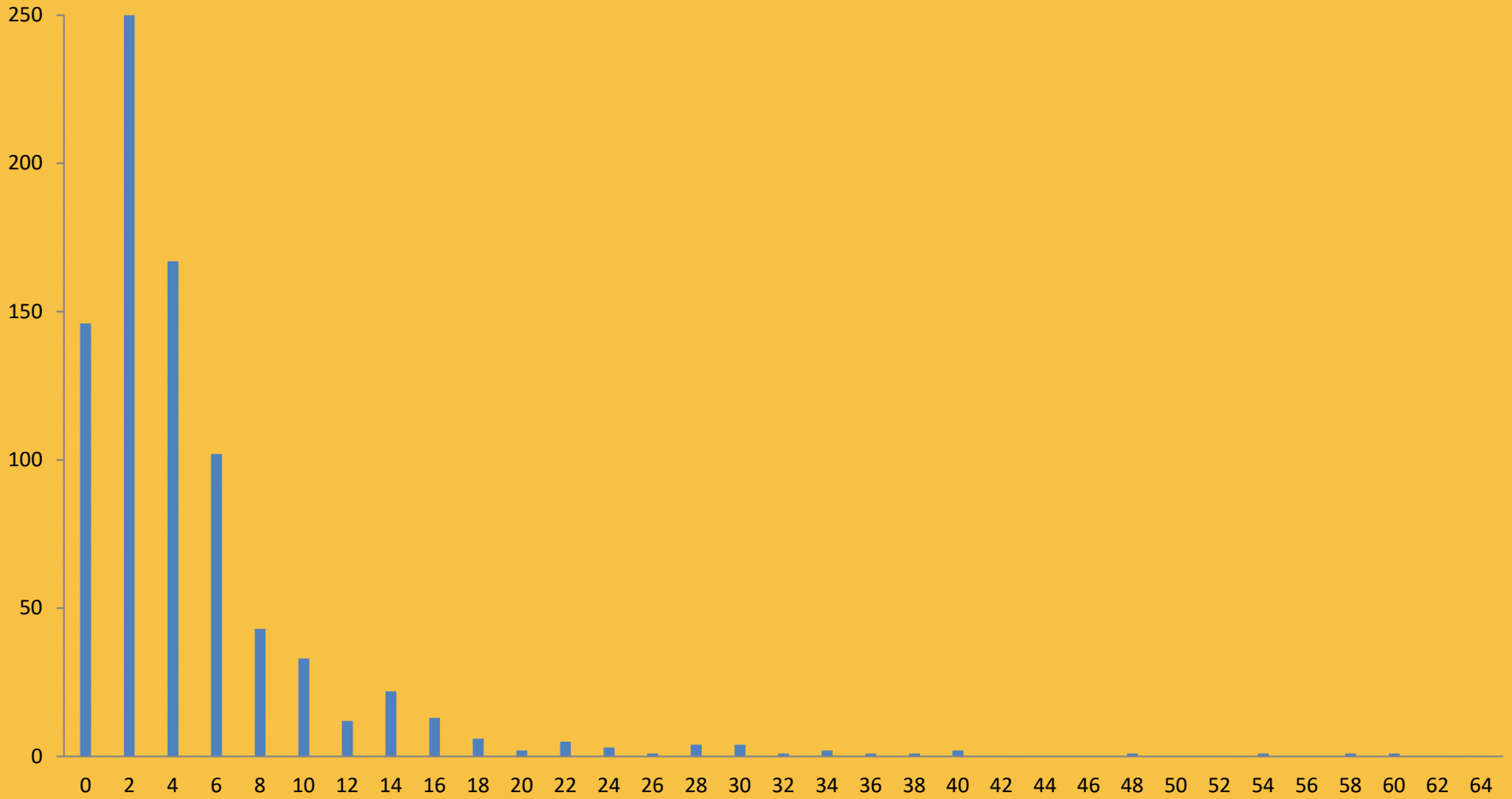
IRI Inicial y Tasa de Deterioro



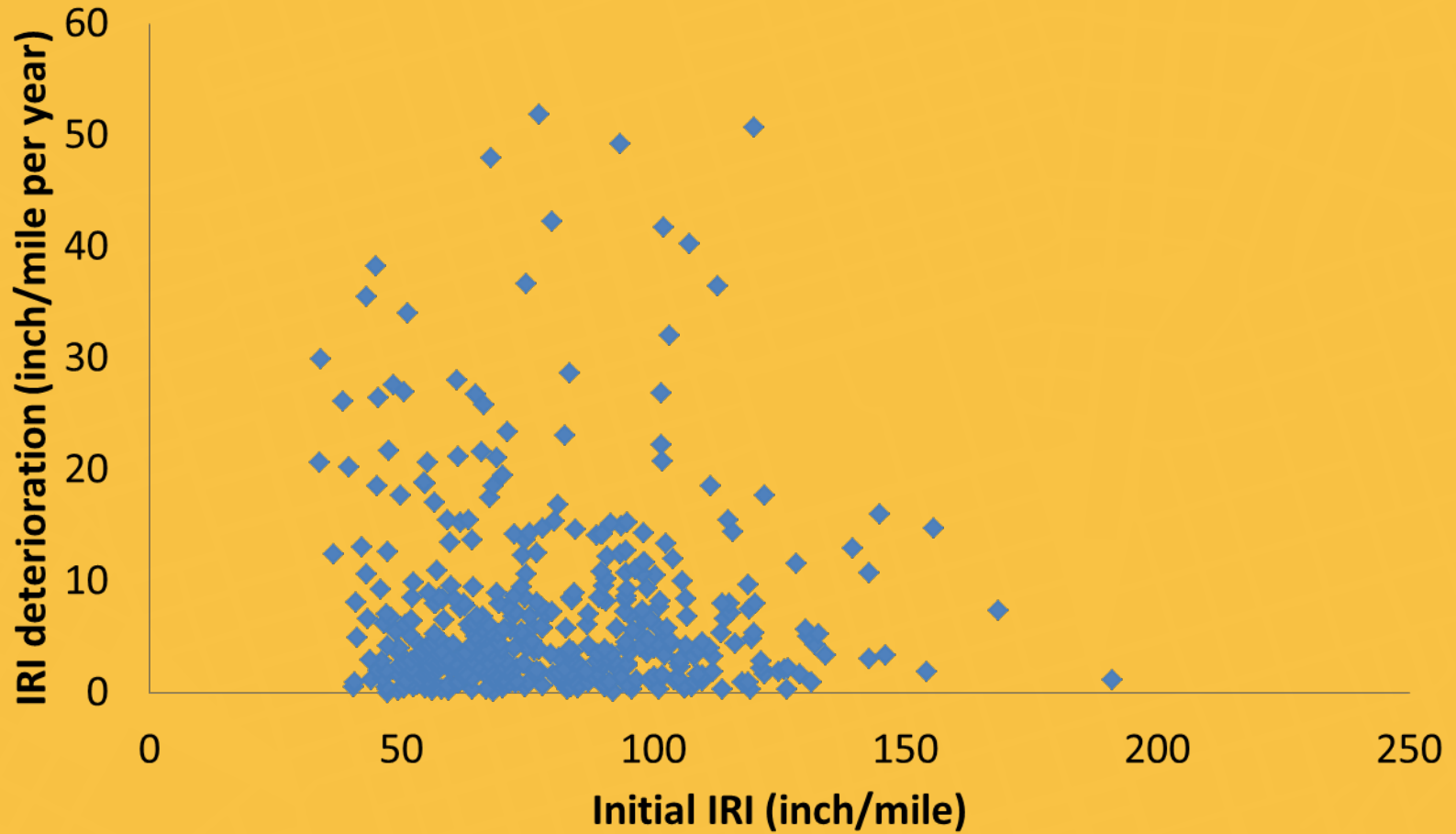
IRI Inicial (in./mile)



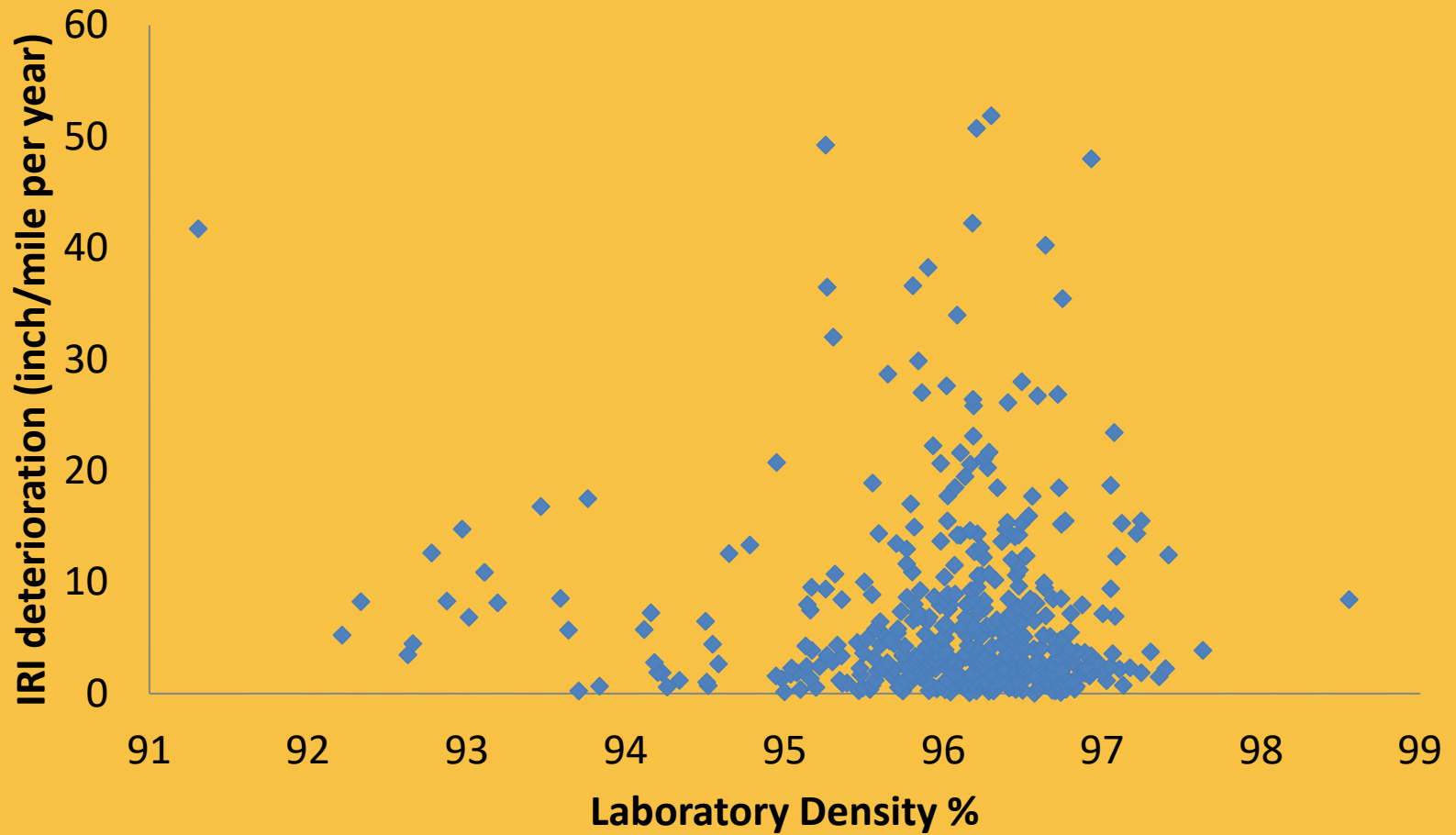
Tasa de Deterioro (annual in./mile)



Efecto del IRI Inicial en el Desempeño



Efecto de la Densidad en el Desempeño





Introducción

- Tobit model
 - Observaciones censuradas
 - Endogeneidad
 - Tasa de Deterioro (IRI)

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{if } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_i^* \leq 0 \end{cases}$$

- $y_i^* = y_{2i}\alpha_1 + X_{1i}\beta_1 + \varepsilon_i$
- $y_{2i} = X_{2i}\beta_2 + \delta_i$

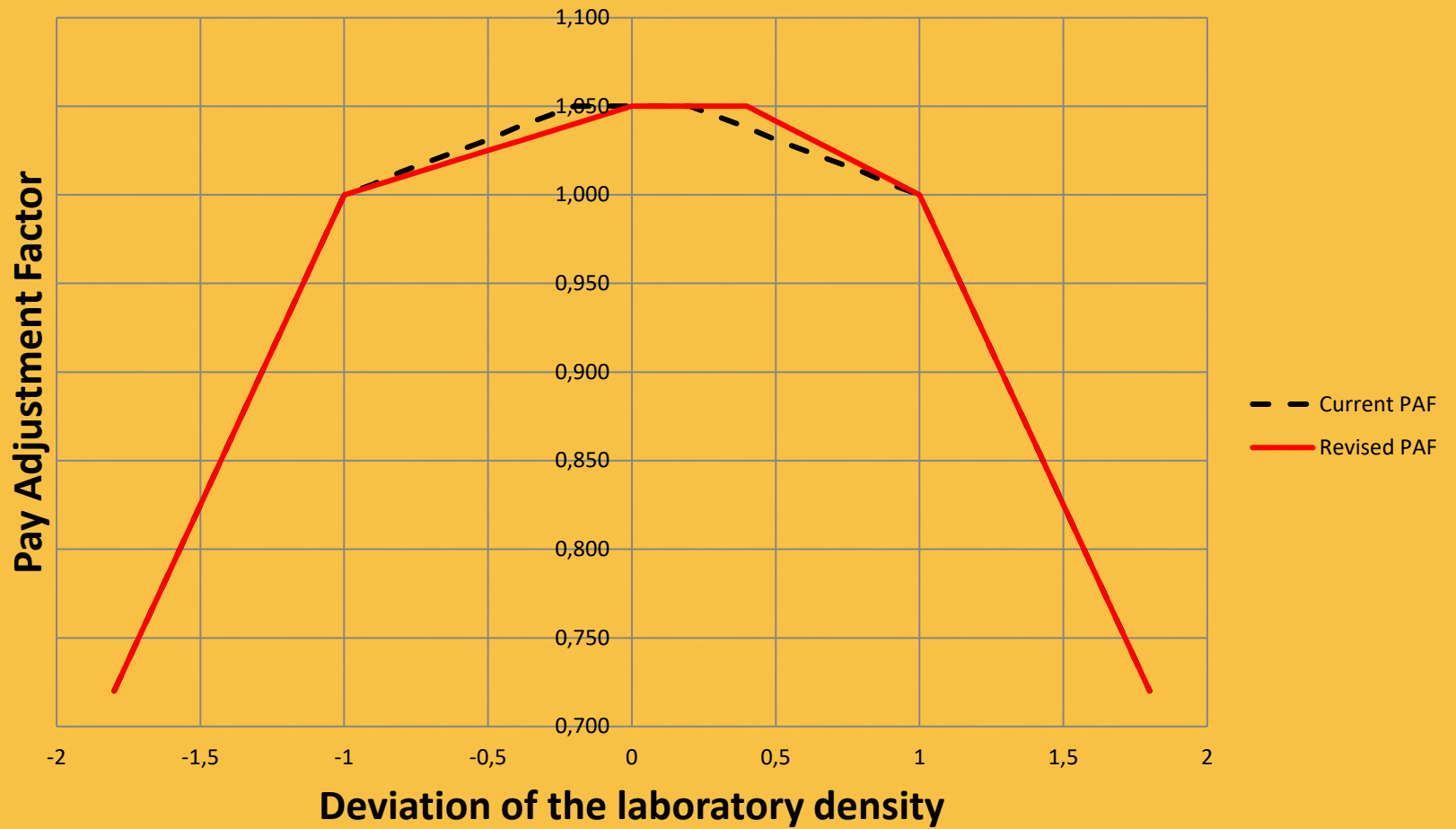
Resultados del Modelo

Model	Variable Description	Mean	Std.Err	Z	P > Z
Deterioration (Main Tobit Regression)	Initial IRI	0.11	0.04	2.79	0.01
	Indicator Variable: PG 76	1.33	0.58	2.29	0.02
	Laboratory Density	-2.03	0.63	-3.2	0.00
	Analysis Period	-0.71	0.19	-3.83	0.00
	Indicator Variable: Low Speed Facility	2.46	1.33	1.86	0.06
	Indicator Variable: Interstate Highway Facility	-2.23	0.77	-2.91	0.00
	Indicator Variable: Rural area	1.33	0.62	2.16	0.03
Constant	192.6	61.9	3.11	0.00	
Initial IRI (First-stage)	Asphalt Content	-5.21	2.31	-2.26	0.02
	In-field VMA	2.00	0.70	2.86	0.00
	Maintenance cost per mile (in million \$)	127.1	0.00	3.91	0.00
	Annual Average Daily Traffic (in millions)	211.6	0.00	4.13	0.00
	Traffic load estimate	-0.21	0.04	-4.92	0.00
	Indicator Variable: Project length < 2miles	9.75	1.85	5.27	0.00
Constant	-8.01	191.60	-0.04	0.97	

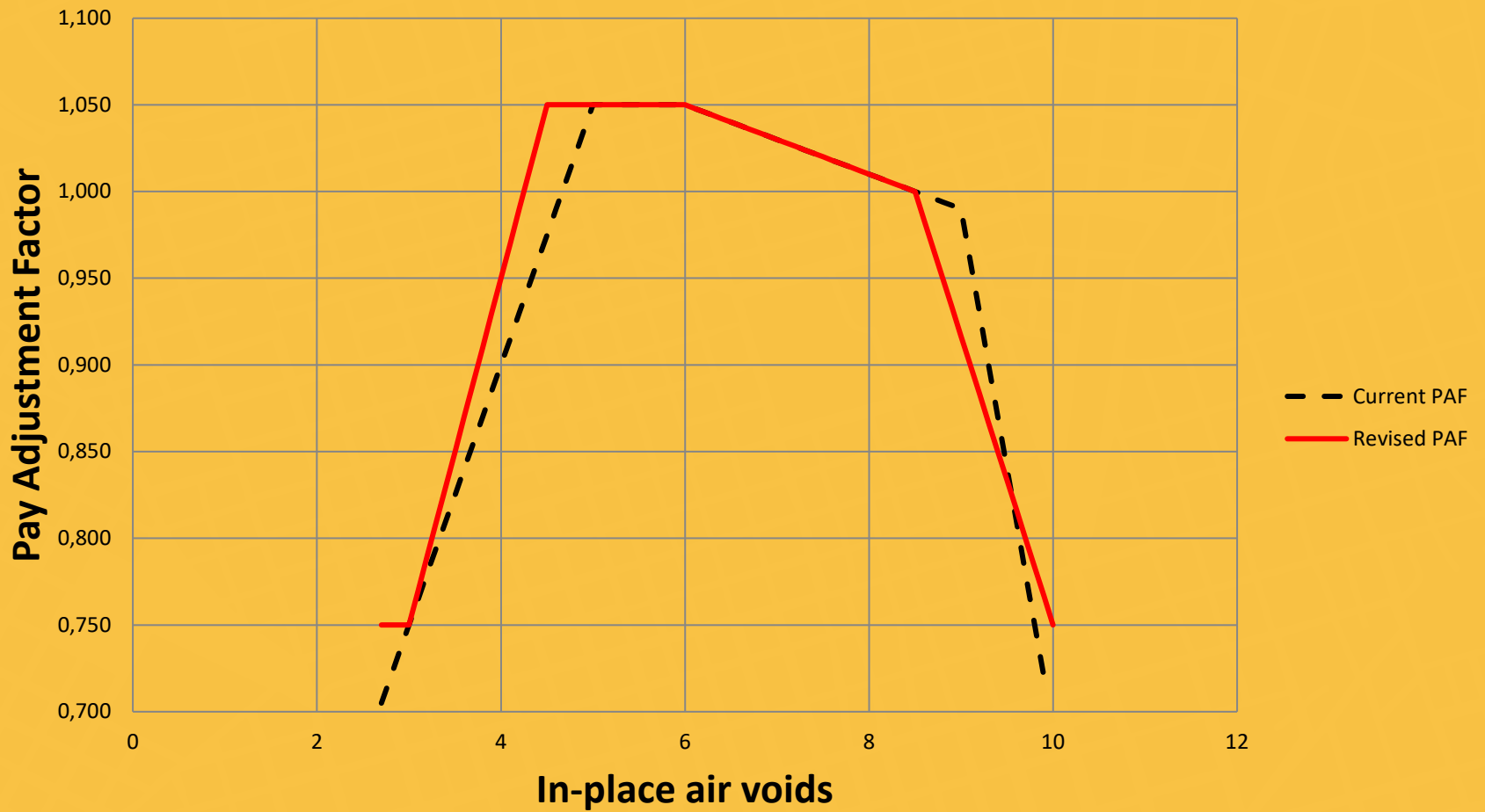
Resultados del Modelo

- Caminos de menor rugosidad, duran más.
- Mezclas densas (dentro de las especificaciones) mejoran el desempeño.
- Alto contenido de asfalto está asociado con bajo IRI inicial.
- Bajo in-situ VAM está asociado con bajo IRI inicial.
- Tasa de deterioro en IH es más bajo.
- Mayor tráfico, deterioro es más rápido.
- Facilidades con baja velocidad (< 45 mph), alta tasa de deterioro.

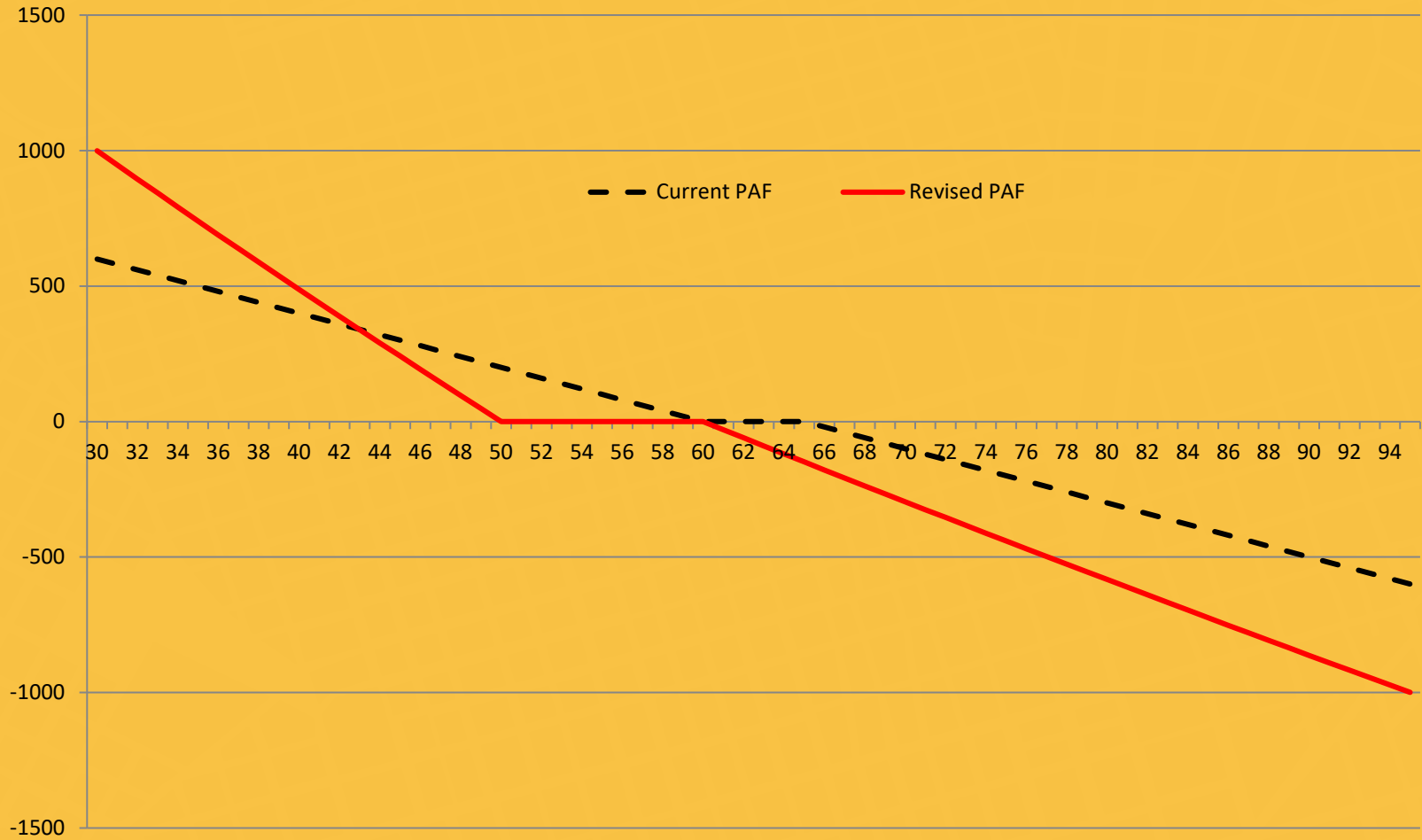
PAF Propuesto por Producción



PAF Propuesto por Construcción



PAF Propuesto por Producto Final





Conclusiones Primera Fase

- El sistema actual PAF no garantiza un mejor desempeño.
- El sistema actual PAF deben ser ajustado:
 - La mayoría de los contratistas recibe bono
- IRI inicial y la densidad de laboratorio están directamente relacionadas con el deterioro.
- El contenido de asfalto y in-situ VMA están indirectamente relacionados con el deterioro.

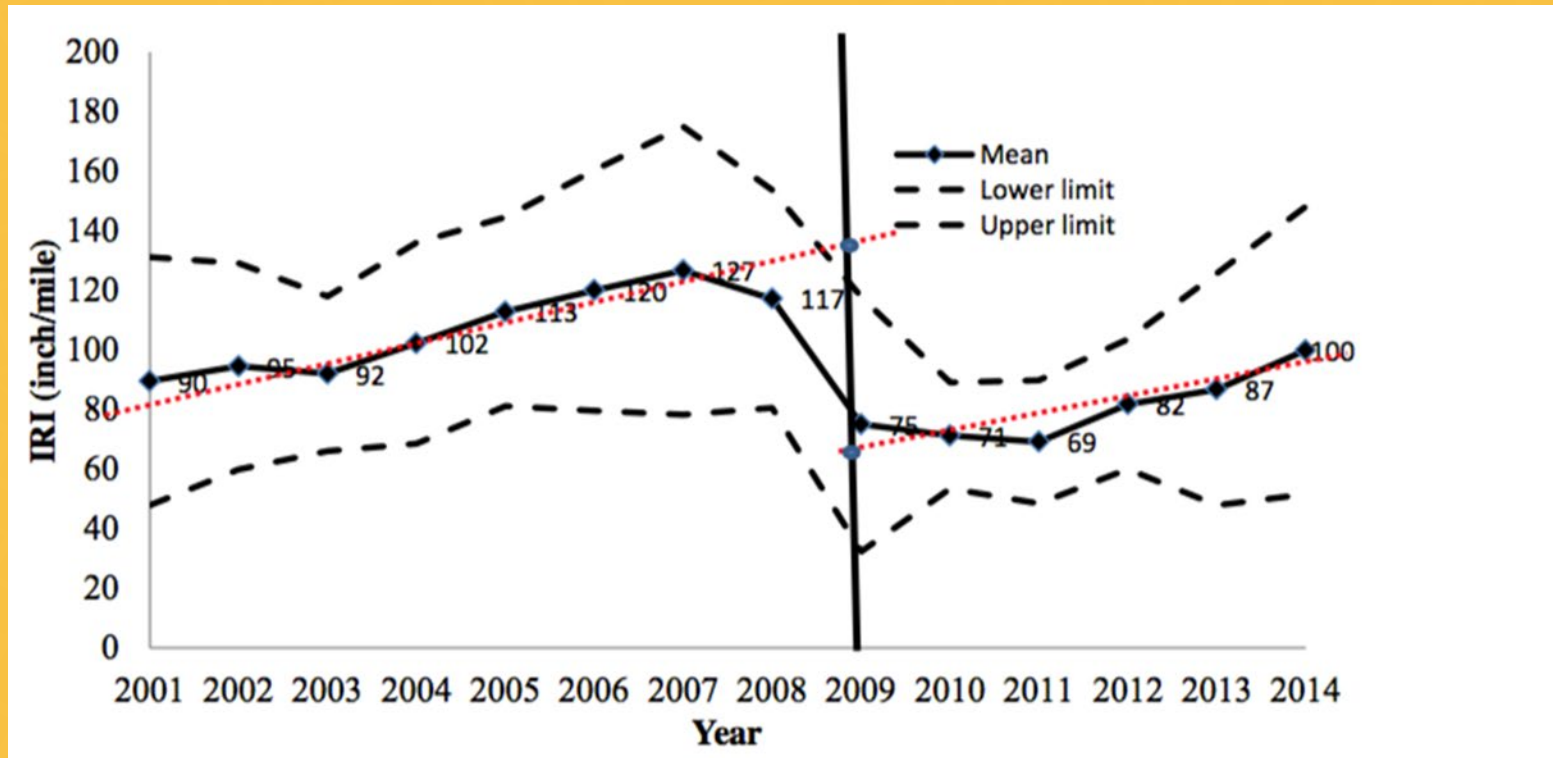
Objetivos de la Segunda Fase

- El sistema corriente sólo depende del IRI inicial
 - No tienen cuenta el cambio. Por ejemplo, el bono recibido por mejorar el IRI de 120 a 40 inch/mile es el mismo que si se mejora de 80 a 40 inch/mile.
- Ajustar el sistema propuesto basado en desempeño para incorporar IRI inicial y mejoramiento del IRI.

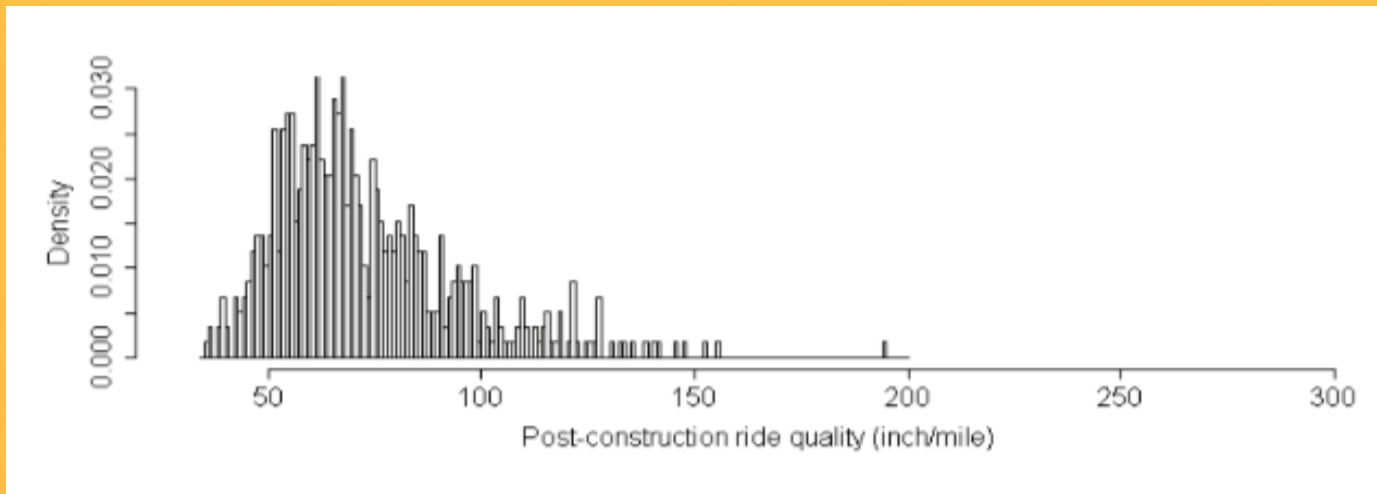
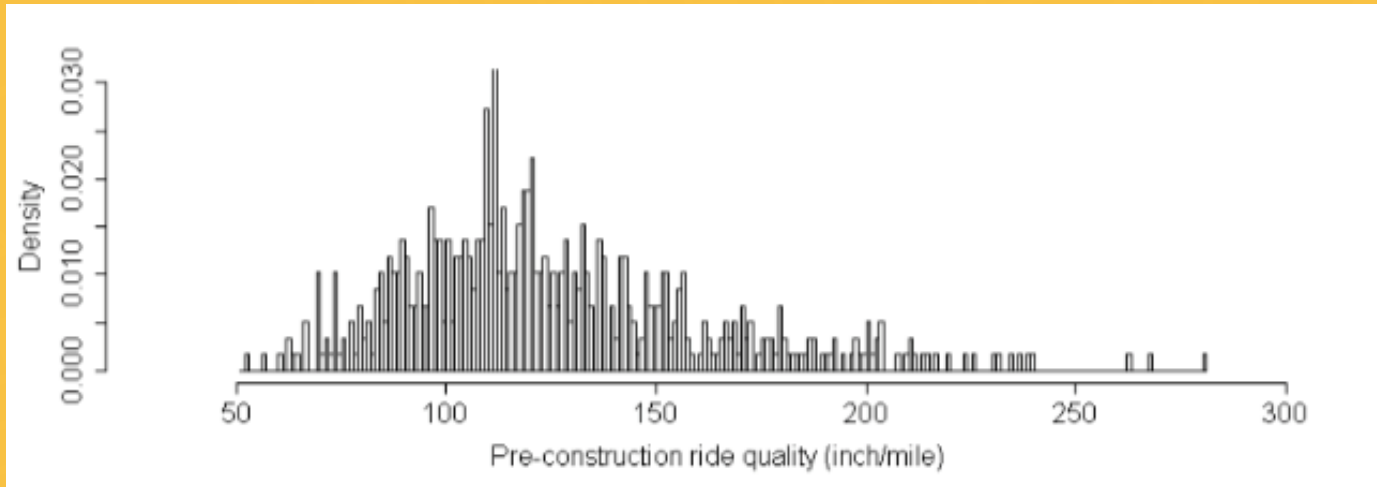
Análisis de Datos

- 917 proyectos de pavimentos flexibles construidos entre 2001 y 2014.
 - Valor del IRI inicial.
 - Cambio del IRI (antes y después de la rehabilitación).
- Debido falta de datos e inconsistencias, la base de datos final fue de 565 proyectos
 - Revisados uno por uno.

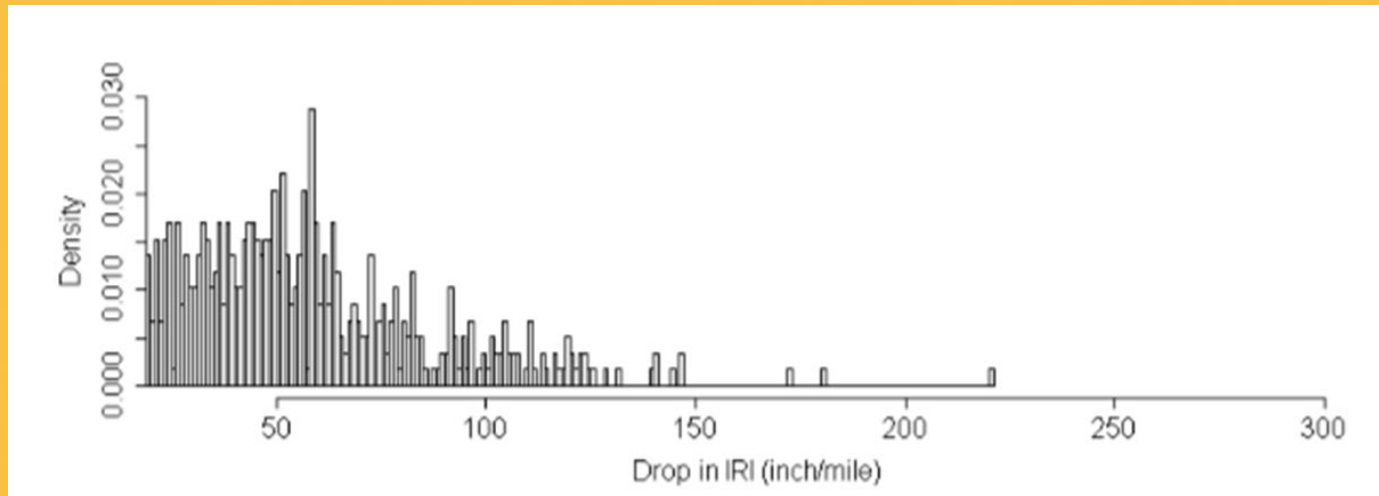
Análisis de Datos



IRI Antes y Después de Rehabilitación

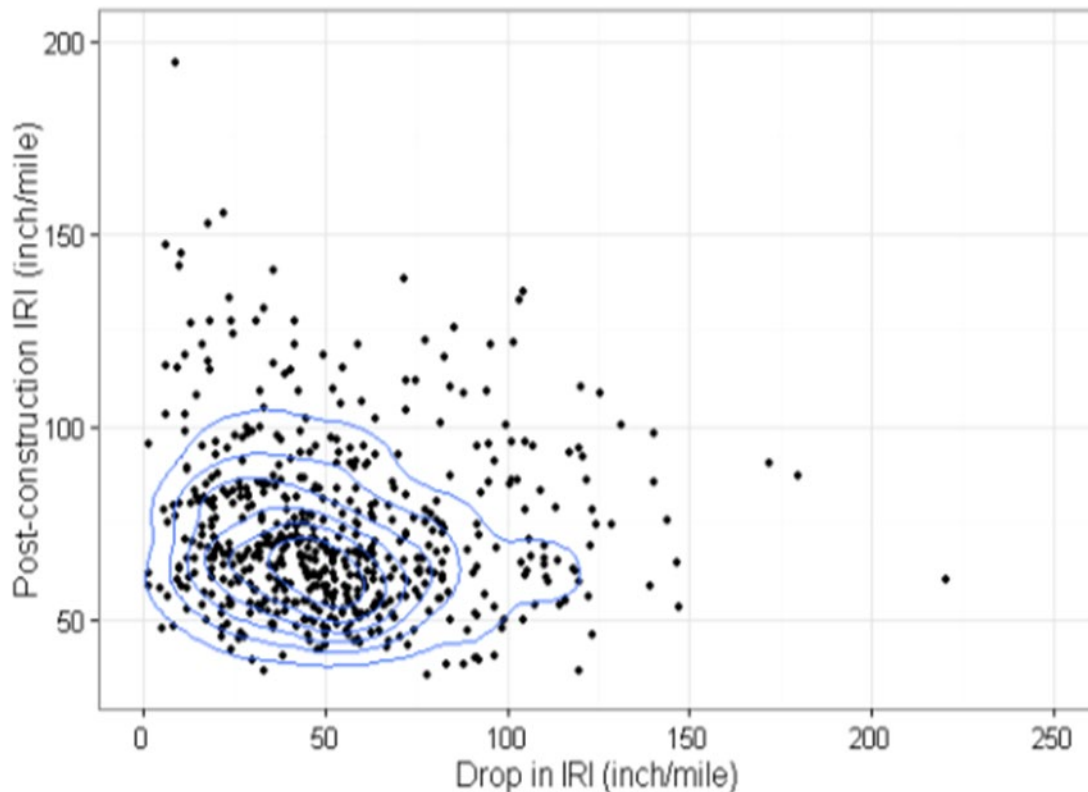


IRI Antes y Después de Rehabilitación



- 25% de los proyectos redujeron IRI en menos de 30 inch/mile
- Pocos proyectos mejoraron IRI más de 68.5 inch/mile
- La media del cambio fué 48.1 inch/mile

Relación entre IRI inicial y el cambio en IRI



- No hay correlación
- Pavimentos con mejor rugosidad no son los que necesariamente terminan con menor rugosidad.



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

2do CONGRESO PARAGUAYO

**Vialidad
y Tránsito**

6 y 7 de Octubre 2016 Encarnación
EXPO VIAL Paraguay



Nueva Modificación Propuesta en La Especificación Final

Especificación Propuesta

IRI drop Initial IRI	0 to 32 inch/mile or < 0.5 m/km	32 to 55 inch/mile or 0.5 to 0.87 m/km	55 to 75 inch/mile or 0.87 to 1 m/km	75 to 95 inch/mile or 1 to 1.5 m/km	>95 inch/mile or > 1.5m/km
> 95 inch/mile or > 1.5m/km	Corrective action	Corrective action	Corrective action	No bonus/penalty or Corrective action	No bonus/penalty or Corrective action
75 to 95 inch/mile or 1 to 1.5 m/km	$0.5 * (\text{Penalty. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Penalty. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Penalty. IRI} + \text{Zero. Drop})$	$0.5 * (\text{Penalty. IRI} + \text{Bonus. Drop})$	$0.5 * (\text{Penalty. IRI} + \text{Max. Bonus. Drop})$
55 to 75 inch/mile or 0.87 to 1 m/km	$0.5 * (\text{Zero. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Zero. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Zero. IRI} + \text{Zero. Drop})$	$0.5 * (\text{Zero. IRI} + \text{Bonus. Drop})$	$0.5 * (\text{Zero. IRI} + \text{Max. Bonus. Drop})$
32 to 55 inch/mile or 0.5 to 0.87 m/km	$0.5 * (\text{Bonus. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Bonus. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Bonus. IRI} + \text{Zero. Drop})$	$0.5 * (\text{Bonus. IRI} + \text{Bonus. Drop})$	$0.5 * (\text{Max. Bonus. IRI} + \text{Max. Bonus. Drop})$
< 32 inch/mile or < 0.5 m/km	$0.5 * (\text{Max. Bonus. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Max. Bonus. IRI} + \text{Penalty. Drop})$	$0.5 * (\text{Max. Bonus. IRI} + \text{Zero. Drop})$	$0.5 * (\text{Max. Bonus. IRI} + \text{Bonus. Drop})$	$0.5 * (\text{Max. Bonus. IRI} + \text{Max. Bonus. Drop})$

Especificación Propuesta

IRI drop Initial IRI	0 to 32 inch/mile or < 0.5 m/km	32 to 55 inch/mile or 0.5 to 0.87 m/km	55 to 75 inch/mile or 0.87 to 1.2 m/km	75 to 95 inch/mile or 1.2 to 1.5 m/km	>95 inch/mile or > 1.5m/km
> 95 inch/mile or > 1.5m/km	6%	4%	1%	1%	2%
75 to 95 inch/mile or 1 to 1.5 m/km	7%	6%	4%	1%	3%
55 to 75 inch/mile or 0.87 to 1 m/km	11%	15%	9%	5%	4%
32 to 55 inch/mile or 0.5 to 0.87 m/km	4%	7%	6%	2%	2%
< 32 inch/mile or < 0.5 m/km	0%	0%	0%	0%	0%

Conclusiones

- Los niveles preliminares son demasiados estrictos. Fueron determinados basados en las distribuciones evaluadas.
- La propuesta final estará basada en un valor nominal (US\$1.00) así la agencia puede ajustar en función a su experiencia y en consulta con los representantes de la industria.
- La penalidad máxima debe ser mas costosa que tomar acciones correctivas.
- La bonificación máxima tiene que ser suficientemente alta para incentivar a la industria para mejorar la calidad constantemente.

Recomendaciones

- Implementación de un sistema de premios/penalidades es indudablemente un incentivo para mejorar la calidad.
- Mayor calidad → larga vida → ahorros significativos.
- Poseer datos actuales precisos es esencial
 - Importancia técnica y “política”
- Datos deber ser facilmente accesibles y compatibles.

Muchas gracias por su atención



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

CONGRESO PARAGUAYO
2016
**Vialidad
y Tránsito**
6 y 7 de Octubre 2016 | Encarnación
EXPO VIAL | Paraguay



TEXAS

The University of Texas at Austin