

COMISION DE DISEÑO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

EVALUACION TECNICA DE PAVIMENTOS EXISTENTES SEGUN METODO AASHTO - 1993 RESUMEN

Preparado por:
Dusan Dujisin Q. y Alvaro Arroyo A.

-06364-
1995

Cámara Chilena de la Construcción
Corporación de Investigación de la Construcción

Evaluación Técnica de Pavimentos Existentes según Método AASHTO 93

Resumen

1.- Antecedentes Generales

Debido al carácter fundamentalmente empírico del método de diseño AASHTO, y al hecho de que los ensayos prácticos en que está basado se desarrollaron en Estados Unidos en un tiempo limitado y dependen, por lo tanto, de condiciones ambientales, tránsito, prácticas constructivas y materiales diferentes a los asociados con la realidad chilena, la aplicabilidad de este método de diseño en nuestro país presenta algunas limitaciones que es importante conocer y evaluar. La mayor parte de las limitaciones más importantes del método de diseño, AASHTO están relacionadas con el uso general de un procedimiento de diseño que fue desarrollado a partir de condiciones muy específicas, en un corto tiempo.

Debido a lo anteriormente expuesto, y considerando además que el método AASHTO es de uso generalizado en nuestro país para el diseño de pavimentos, se desarrolló un estudio cuyo objetivo fue establecer una comparación entre el comportamiento real de pavimentos interurbanos, tanto de asfalto como de hormigón, y su evolución teórica de acuerdo a las ecuaciones de diseño del método AASHTO 93, de manera de adecuar los parámetros de cálculo que intervienen en el método.

Se consideraron pavimentos que hubieran cumplido parte de su vida de diseño, distribuidos a lo largo del país, con diferentes tipos de estructuración, y donde se tuviera información confiable en cuanto a los aspectos de diseño, de construcción y sollicitación histórica de tránsito.

2.- Metodología de Trabajo

1.- Selección de los tramos a evaluar.

Se seleccionaron tramos basándose en la confiabilidad de la información existente y se definieron las principales características de éstos (ubicación, año de puesta en servicio, tipo de estructura, etc.).

2.- Recopilación de antecedentes.

La información obtenida para cada sección se detalla a continuación:

- Antecedentes de diseño y construcción.
- Volúmenes históricos de tránsito y estratigrafías de pesos por eje.
- Estimación de la serviciabilidad inicial.
- Rugosidad.
- Inspecciones visuales.

3.- Evaluación según el método AASHTO 93.

Se calculó la evolución de los tramos seleccionados según el método AASHTO 93 (en base a antecedentes de tránsito y de diseño) y se estimó su nivel de serviciabilidad actual (en base a antecedentes de rugosidad, utilizando relaciones p-IRI), para comparar el comportamiento teórico con el real, analizar las posibles diferencias, y sensibilizar los parámetros que intervienen en el método.

4.- Conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos se formularon las principales conclusiones y recomendaciones del estudio.

El procedimiento seguido durante el desarrollo del estudio se ilustra en el organigrama de la figura 1.

3.- Resultados

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos, según tipo de pavimento.

3.1.- Pavimentos Asfálticos

La evaluación se realizó considerando un nivel de confiabilidad de 50 % . Los resultados obtenidos se muestran en la figura 2. Se observa que el comportamiento real de las secciones estudiadas sigue la tendencia de la ecuación de diseño, aunque se aprecia una dispersión en relación a la línea de igualdad. Se debe considerar, sin embargo, que la mayoría de las secciones estudiadas presentan solicitaciones de tránsito de menos de siete millones de ejes equivalentes, es decir se encuentran dentro de los rangos de tránsito observados en el AASHO Road Test (hasta ocho millones de ejes equivalentes), lo que podría explicar el buen comportamiento observado.

Un estudio similar al presente recientemente realizado en Estados Unidos para el Strategic Highway Research Program (SHRP), concluyó que la ecuación de diseño AASHTO para pavimentos flexibles no representa bien el comportamiento real de las secciones analizadas, encontrando que el estado actual de las secciones era, en la mayoría de los casos, inferior al teórico ¹.

Al diferenciar las secciones según el tipo de estructura, se obtienen los resultados que se muestran en la figura 3, observándose un comportamiento superior para las secciones con recapado.

¹ "Evaluation of the AASHTO Design Equations and Recommended Improvements", Strategic Highway Program, National Research Council, SHRP-P-394, Washington D.C., 1994.

Al diferenciar las secciones según su distribución geográfica, los resultados obtenidos (figura 4a) no muestran alguna diferencia importante entre los tramos estudiados. Se debe considerar que para el cálculo del número estructural de las secciones se consideraron los siguientes factores de drenaje:

Zona norte; regiones II, III y IV	:	1.4
Zona centro ;región Metropolitana	:	1.2
Zona sur ; regiones IX y X	:	1.0

Al final de este Resumen, en Tabla 1 y Figura 16, se ha incluido una lista y ubicación de las secciones estudiada.

Al reevaluar la ecuación de diseño considerando un factor de drenaje 1.0 para todas las secciones en estudio se obtienen los resultados que se indican en la figura 4.b

Por otro lado, se reevaluó la ecuación de diseño considerando un nivel de serviciabilidad inicial de 4.2 (serviciabilidad inicial normalmente utilizada para el diseño de pavimentos asfálticos) para todas las secciones en estudio, en lugar de la serviciabilidad inicial estimada. Los resultados se muestran en la figura 5.

Finalmente, se reevaluó la ecuación de diseño considerando distintos niveles de confiabilidad. Para ello se usó un nivel de serviciabilidad inicial de 4.2, ya que se consideró que el propósito de incluir un nivel de confiabilidad en la ecuación de diseño es justamente evitar que posibles diferencias con las consideraciones teóricas no signifiquen que el comportamiento real sea inferior al esperado. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 6.

3.2.- Hormigón

La evaluación se realizó considerando un nivel de confiabilidad de 50 %. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 7. Se observa que el comportamiento real de las secciones estudiadas es, en general, superior al esperado teóricamente, lo que indicaría una tendencia de la ecuación de diseño a sobredimensionar los espesores de losa requeridos.

Al final de este Resumen, en Tabla 2 y Figura 17, se ha incluido una lista y ubicación de las secciones estudiadas.

Un estudio similar al presente recientemente realizado en Estados Unidos para el Strategic Highway Research Program (SHRP), concluyó que la ecuación de diseño AASHTO para pavimentos de hormigón representa bien el comportamiento real de las secciones analizadas, aunque se observa una dispersión importante en torno a la línea de igualdad ².

² "Evaluation of the AASHTO Design Equations and Recommended Improvements", Strategic Highway Program, National Research Council, SHRP-P-394, Washington D.C., 1994.

Al diferenciar las secciones según zonas geográficas (centro: regiones V y Metropolitana, centro-sur: regiones VI y VIII, sur: regiones IX y X), tipo de estructura (nuevos, recapados sobre asfalto, recapados sobre hormigón), nivel de tránsito y espesor, se obtienen los resultados que se muestran en las figuras 8 y 9.

Con el objeto de intentar analizar las posibles causas del sobredimensionamiento de los espesores de losa observados, se estudió el efecto del factor de transferencia de carga J utilizado para el estudio, el cuál fue estimado para cada sección de acuerdo a las recomendaciones de la guía de diseño AASHTO, tomando valores entre 3.6 y 4.2. Por otro lado, estudios recientes realizados con un Falling Weight Deflectometer en la ruta Santiago - San Antonio indicarían que la transferencia de carga varía entre 50 % y 90 % , como se ve en la figura 10. De acuerdo a la guía de la AASHTO, para dichos valores de transferencia de carga corresponde un valor de J entre 3.2 y 3.5. Si bien los resultados del estudio de transferencia de carga mencionado son muy preliminares, se decidió reevaluar la ecuación de diseño considerando estos nuevos valores para el coeficiente J (figura 11).

Por otro lado, se reevaluó la ecuación de diseño considerando un nivel de serviciabilidad inicial de 4.5 (condición inicial usualmente utilizada para el diseño de pavimentos de hormigón) en lugar de los valores de serviciabilidad inicial estimados. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 12.

Finalmente, se reevaluó la ecuación de diseño para distintos niveles de confiabilidad. Para ello se utilizó un valor de serviciabilidad de 4.5, obteniéndose los resultados que se muestran en la figura 13.

4.- Conclusiones y Recomendaciones

A continuación se presentan las principales conclusiones del estudio de evaluación técnica de pavimentos existentes de acuerdo al método AASHTO 93.

4.1.- Conclusiones Generales

La realización del trabajo permitió obtener algunas conclusiones generales acerca de la metodología utilizada para el presente estudio y su aplicabilidad para futuros trabajos de evaluación similares al presente. Al respecto, cabe destacar:

- La información de volúmenes de tránsito, obtenida de los censos que realiza la Dirección de Vialidad, parece confiable, en especial para caminos de importancia (ruta 5, ruta 78, ruta 68, etc.), ya que dichos censos son el trabajo más antiguo, grande y sistemático al respecto disponible en nuestro país. Por otro lado, en relación a la información disponible de pesos por eje, si bien existen variadas fuentes, hay que ser cuidadoso al seleccionar una determinada estratigrafía, ya que en ocasiones estratigrafías para un mismo sector obtenidas de diferentes estudios difieren notablemente. En ese sentido, las estratigrafías de pesos por eje obtenidas del estudio de las plazas fijas de pesaje de la Dirección de Vialidad representan un importante avance.

- Con relación a los datos de estructuración de las secciones, la información del convenio de seguimiento de pavimentos del Ministerio de Obras Públicas es la más confiable y accesible; sin embargo obtener información de otras secciones es largo y engorroso. Para la realización de seguimientos serios y sistemáticos de pavimentos es necesario disponer de una base de datos ordenada y accesible, lo que debería ser motivo de un trabajo futuro. En ese contexto, sería de gran utilidad el uso de equipos para realizar ensayos no destructivos, como el Falling Weight Deflectometer.

- Con relación a los antecedentes de rugosidad, la información necesaria se obtuvo de mediciones realizadas por el Laboratorio Nacional de Vialidad con el perfilómetro óptico. Las mediciones de rugosidad (IRI) se obtienen de manera rápida y confiable con los equipos disponibles en nuestro país. Dado que el Laboratorio Nacional de Vialidad realiza estas mediciones periódicamente en las principales vías de la red nacional (ruta 5, ruta 78, ruta 68) es factible hacer un seguimiento a la evolución de la rugosidad (y, a través de la relación p-IRI estudiada, obtener el valor del índice de serviciabilidad tal como está definido en el método AASHTO) de dicha red.

4.2.- Pavimentos Asfálticos

Con respecto a la evaluación técnica de las secciones de pavimentos asfálticos de acuerdo al método AASHTO, el estudio realizado permitió obtener los siguientes resultados:

- Si bien el presente estudio no pretende ser concluyente con respecto a la aplicabilidad en nuestro país del método de diseño AASHTO 93, se puede indicar como resultado general que la ecuación de diseño AASHTO para pavimentos flexibles es una buena herramienta para estimar la pérdida de serviciabilidad real de las secciones de pavimento en estudio (figura 2).

- En relación a la distribución geográfica de las secciones seleccionadas, si bien el estudio realizado no es suficiente para sacar conclusiones definitivas, no se detecta alguna diferencia importante entre los tramos estudiados, tal como se ve en la figura 4. Por otro lado, al reevaluar la ecuación de diseño considerando un factor de drenaje 1.0 para todas las secciones en estudio se aprecia un sobredimensionamiento importante en la zona norte (figura 4). Este resultado indica la importancia del uso del factor de drenaje, en especial para las secciones de la zona norte.

- Con respecto a los distintos tipos de estructuración considerados para el presente estudio (construcciones nuevas de asfalto, recapados sobre asfalto y recapados sobre hormigón) los resultados obtenidos mostrarían un comportamiento mejor para las secciones con recapado que para las secciones nuevas, especialmente para los recapados de asfalto sobre asfalto (figura 3). Este comportamiento superior de los recapados podría explicarse por el hecho que normalmente se considera como aportante sólo el espesor mínimo de la capa nivelante, y no se pondera el espesor medio que se requiere para mejorar la geometría de la sección. Hay que considerar también que en el caso de recapados sobre hormigón la relación p-IRI utilizada entrega valores más altos para la serviciabilidad. Por otro lado, si bien los resultados muestran que el método AASHTO es plenamente aplicable a los distintos tipos de pavimentos asfálticos que se construyen en nuestro país, se observa que dos de las secciones para las cuáles la ecuación de diseño indica valores del índice p mayores que los medidos (Planta de Filtros - Antofagasta y San Pablo - Osorno), éstas corresponden a pavimentos contruidos con mezclas asfálticas en frío, por lo que se recomienda evitar su uso; de todas formas se

requiere de un estudio específico más completo para sacar conclusiones al respecto.

- Con respecto a la capacidad de soporte de la subrasante, las relaciones CBR-Módulo Resiliente utilizadas en este estudio, obtenidas del Manual de Carreteras, entregan valores "razonables", es decir, al aplicar estas relaciones para el diseño de pavimentos asfálticos de acuerdo al método AASHTO se observa que el comportamiento real de las secciones se ajusta al comportamiento teórico. Esto indicaría que el uso de estas relaciones es adecuado para las condiciones de nuestro país.

4.3.- Pavimentos de Hormigón

Los resultados del presente estudio permiten adelantar algunas conclusiones que muestran ciertas tendencias relacionadas con la aplicación del método de diseño AASHTO para pavimentos rígidos, tal como se utiliza en nuestro país. Al respecto cabe mencionar:

- La evaluación técnica de las secciones de acuerdo al método AASHTO, indicaría que la ecuación de diseño AASHTO para pavimentos de hormigón sobre-estima el deterioro que sufren las losas (figura 7).

- Una de las razones que explicarían el mayor deterioro que resulta al aplicar la ecuación de diseño es el valor del factor de transferencia de carga J utilizado. Al reevaluar las secciones con valores para el coeficiente de transferencia de carga J de 3.2 a 3.5 se observa que el comportamiento real de las secciones se ajusta al comportamiento teórico (figura 11).

- Al comparar los valores medidos con los teóricos no se detecta alguna diferencia importante con respecto a la ubicación geográfica de las secciones, ni si se trata de pavimentos nuevos o de rehabilitación de pavimento de hormigón sobre pavimento asfáltico o de hormigón (figura 8).

- Para el caso de niveles de tránsito y espesores altos, el índice de serviciabilidad observado es mayor que el teórico calculado según el método (figura 9).

4.4.- Parámetros que Intervienen en el Método

A continuación se indican los resultados obtenidos en relación a algunos de los parámetros que intervienen en el método, tanto para asfalto como para hormigón (nivel de tránsito, serviciabilidad inicial y nivel de confiabilidad).

Tránsito Solicitante

No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de las secciones estudiadas al utilizar los factores de equivalencia de carga de la AASHTO y los factores de equivalencia que aparecen en la revisión del Volumen 3 del Manual de Carreteras, ya que la sollicitación total de ejes equivalentes para las secciones fue similar en ambos casos (figura 14). Este resultado indicaría que la práctica habitual en nuestro país de usar los factores de equivalencia del Manual de Carreteras es adecuada para nuestras condiciones, más aún considerando que las sollicitaciones de tránsito

calculadas según el Manual de Carreteras son algo mayores que las calculadas de acuerdo a la AASHTO, por lo que su uso para diseñar es conservador. En la figura 15 se observa la nueva evaluación considerando los factores de equivalencia propuestos en el Manual de Carreteras.

Serviciabilidad Inicial

Un resultado significativo es la ratificación de la importancia de la rugosidad inicial (índice de serviciabilidad inicial) en la habilidad de la ecuación de diseño AASHTO para estimar la pérdida de serviciabilidad real de las secciones de pavimento en estudio. Según lo visto, en el estudio, en el caso de pavimentos asfálticos, cuando la condición de serviciabilidad inicial usualmente aceptada y utilizada ($p_i = 4.2$) no se cumple, el comportamiento real de las secciones es inferior al predicho por el método AASHTO (figura 5).

Para el caso de pavimentos de hormigón, la condición de serviciabilidad inicial usualmente utilizada para diseño ($p_i = 4.5$) rara vez se cumple. Al reevaluar la ecuación considerando $p_i = 4.5$ para todas las secciones en estudio, se observa que el comportamiento real de las secciones sigue la tendencia de la ecuación de diseño (figura 12).

Nivel de Confiabilidad

Los resultados obtenidos indicarían que el uso del factor de seguridad asociado es una herramienta eficaz para evitar que el comportamiento teórico sea inferior al real, cuando las consideraciones teóricas (especialmente serviciabilidad inicial y calidad de construcción) no se cumplan en la realidad. Por otro lado, de acuerdo a los resultados del estudio (figuras 6 y 13), un nivel de confiabilidad entre 70% y 80% en el caso de pavimentos asfálticos, y entre 60 % y 70 % para el caso de pavimentos de hormigón parece ser el óptimo en nuestro país para absorber diferencias entre las condiciones teóricas y las reales (en especial las relativas a serviciabilidad inicial y calidad de construcción). Sin embargo, los resultados muestran también que en aquellos casos en que no hay problemas de ese tipo el uso de un nivel de confiabilidad en ese rango en la ecuación de diseño daría como resultado un sobredimensionamiento importante.

Figura 1
Esquema de desarrollo del estudio

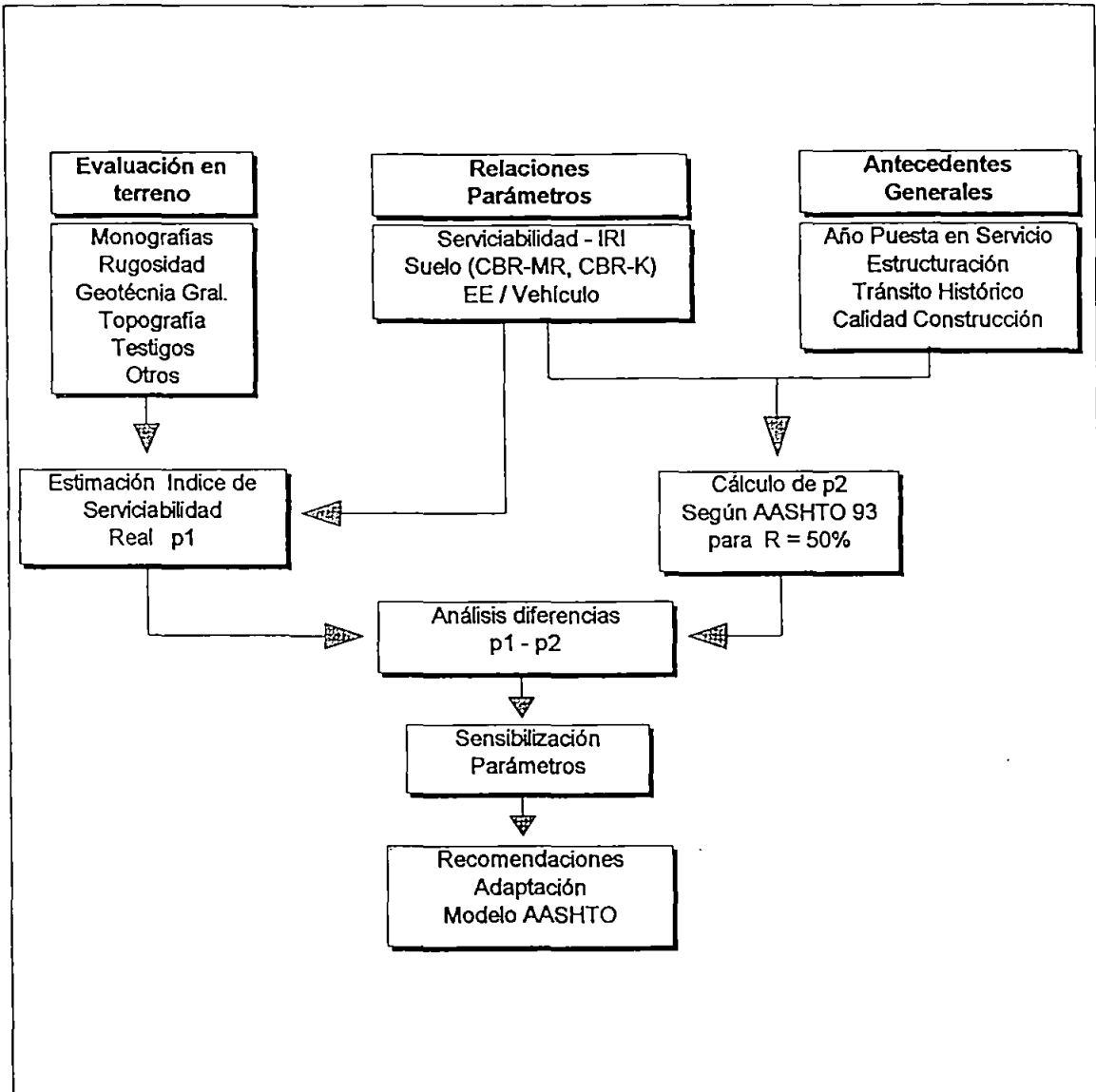


Figura 2
Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el índice real. Pavimentos asfálticos.

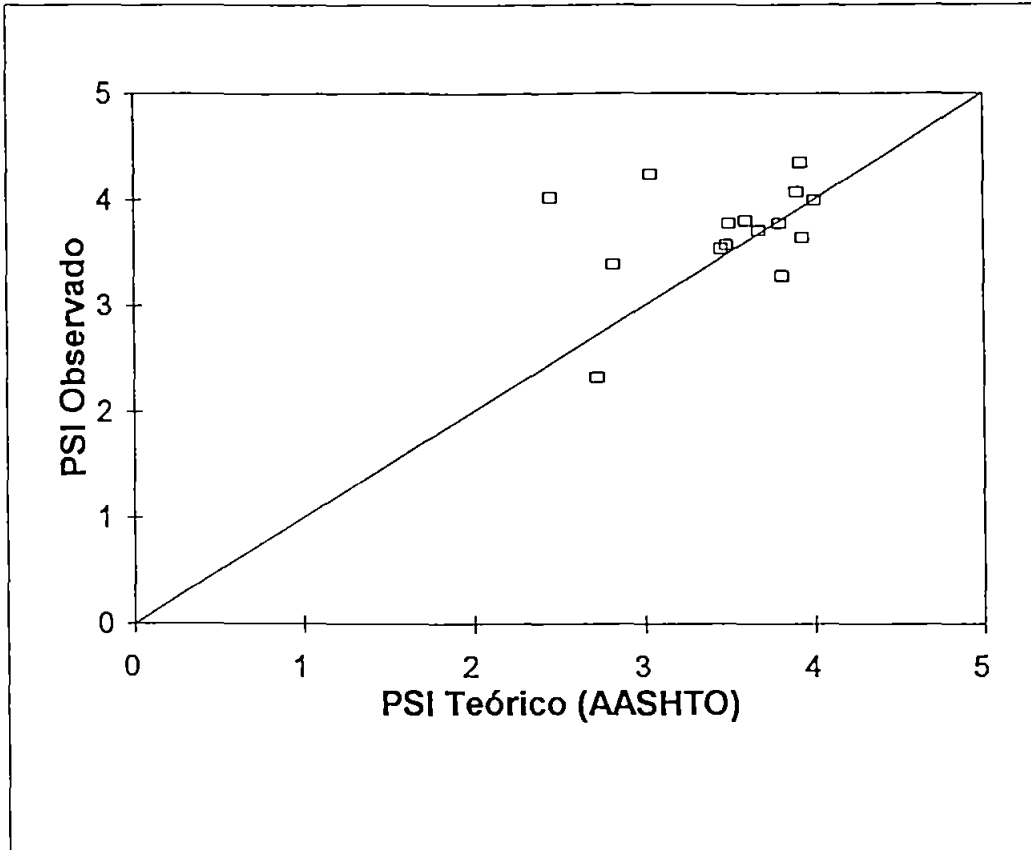


Figura 3
Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el índice real, por tipo de estructura.

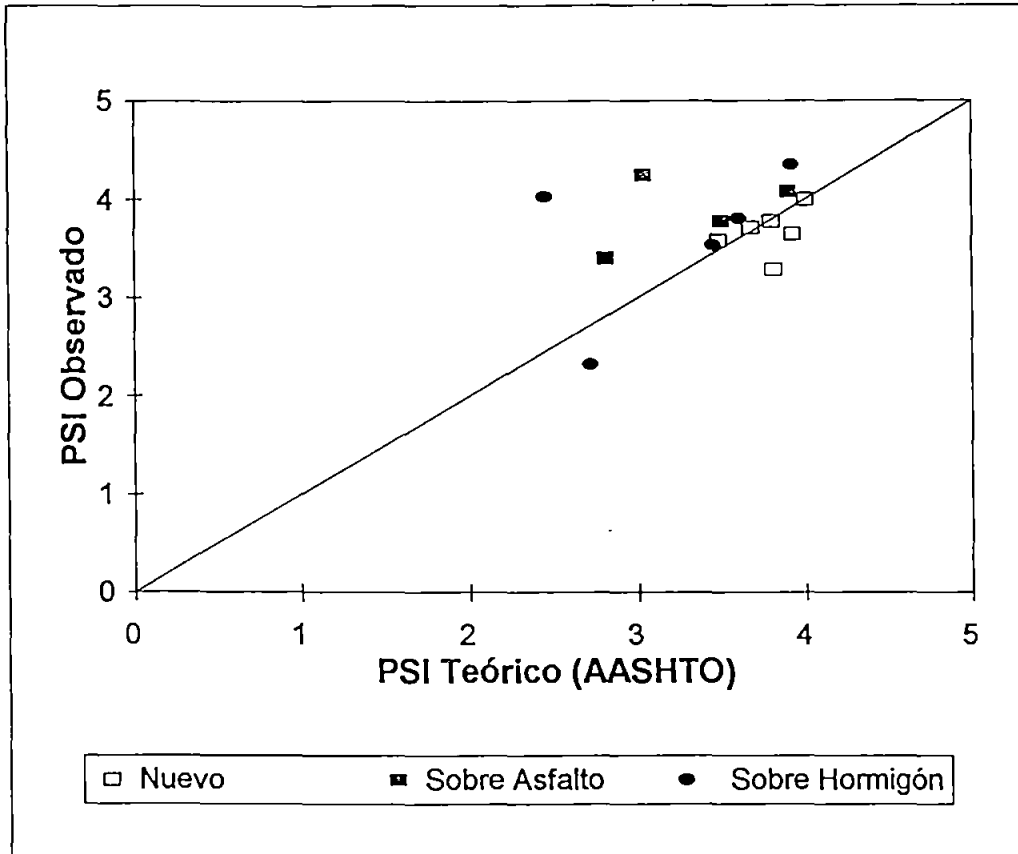


Figura 4 a
 Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según AASHTO y el índice real de acuerdo a zonas geográficas.

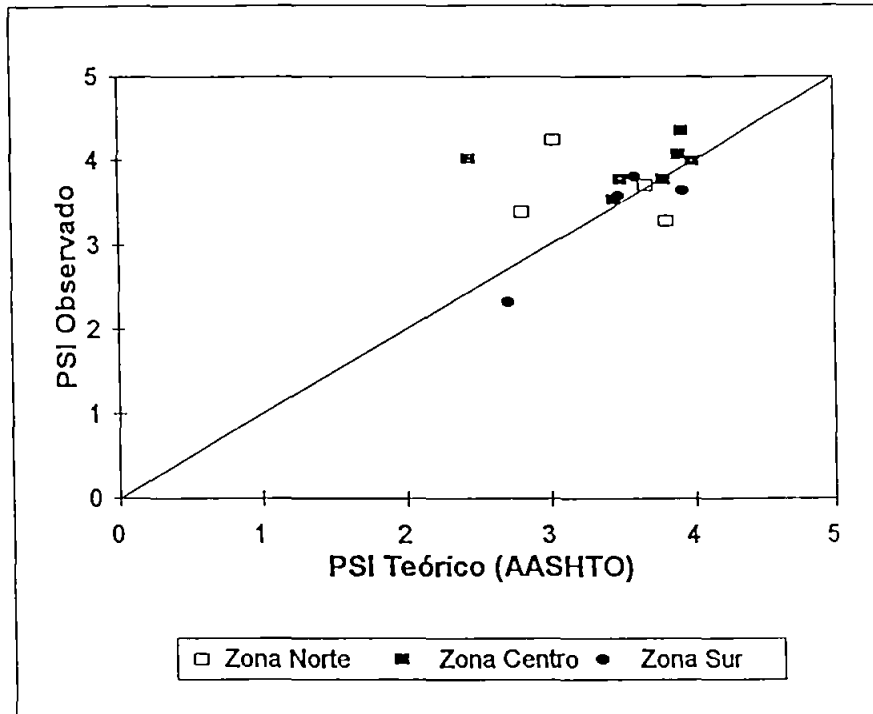


Figura 4b

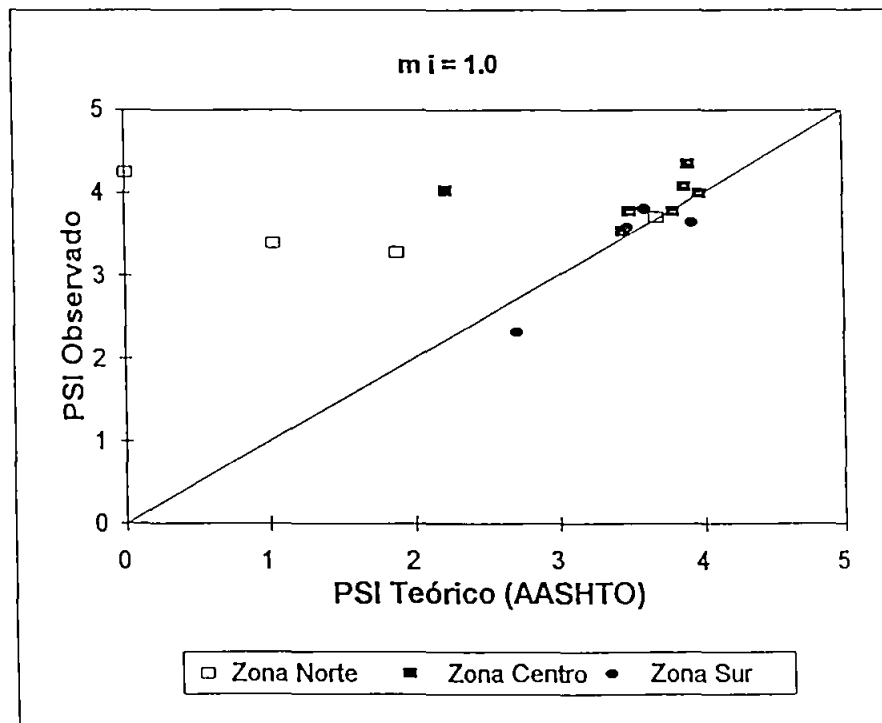


Figura 5
Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el índice real. Pavimentos Asfálticos.
 $p_i = 4.2$

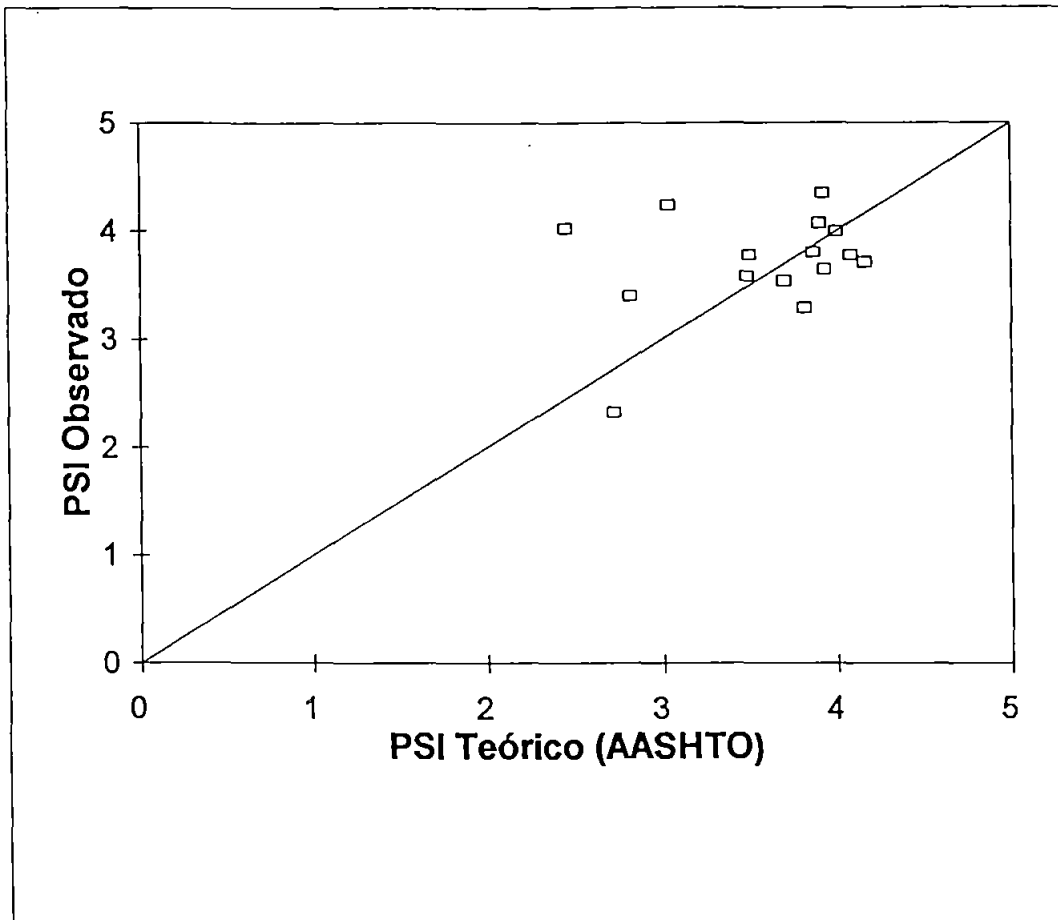


Figura 6
Comparación entre el Índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el índice real, para distintos niveles de confiabilidad.
Pavimentos Asfálticos.

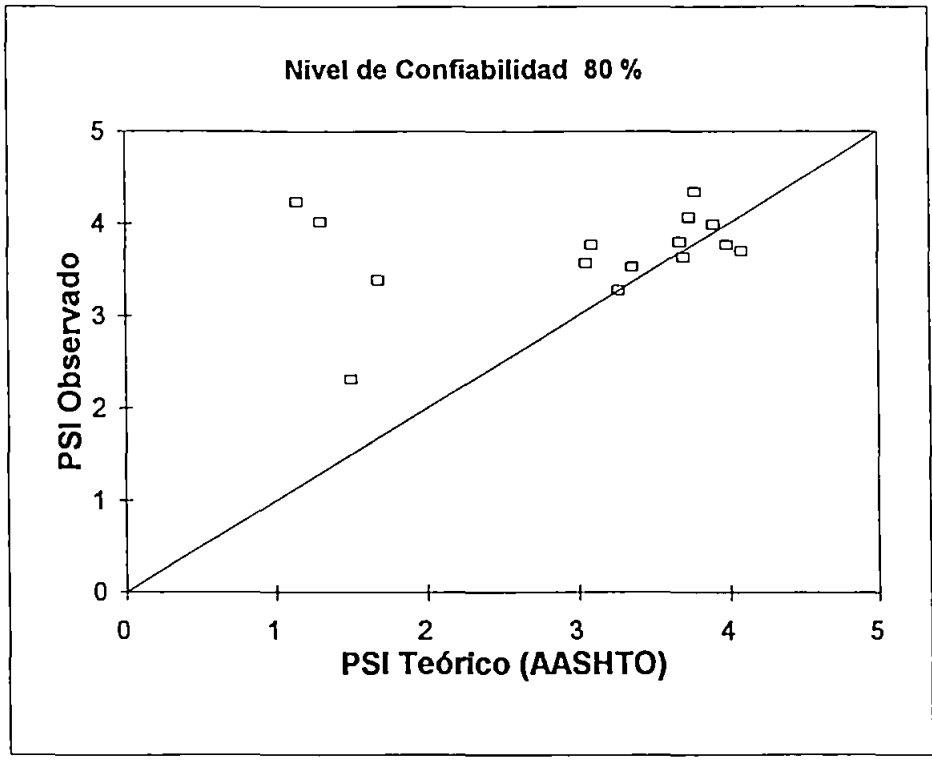
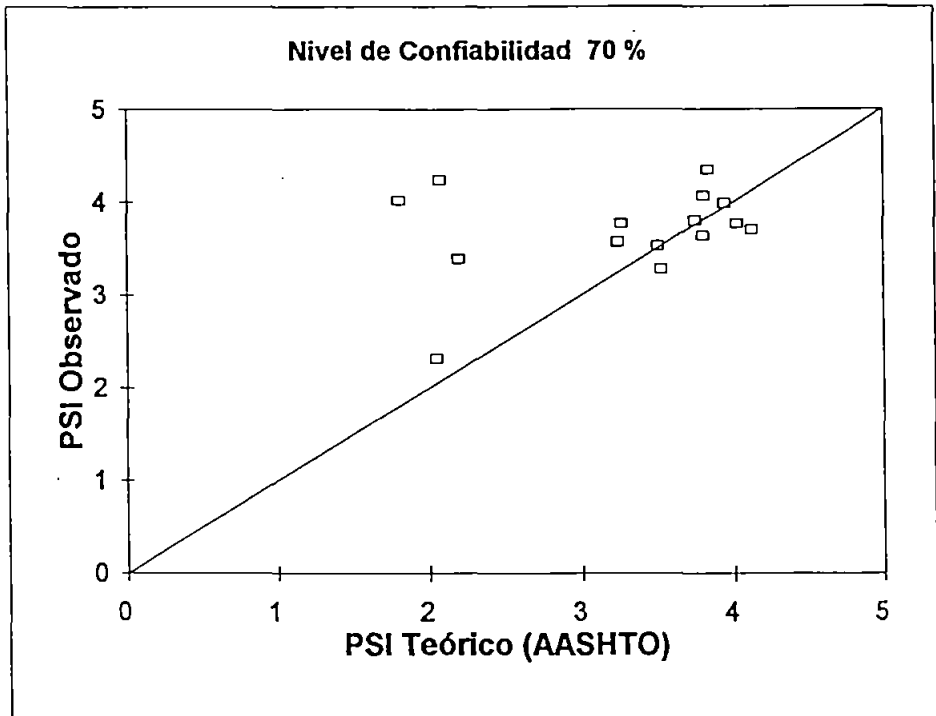


Figura 7
Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según AASHTO y el índice real. Pavimentos de hormigón.

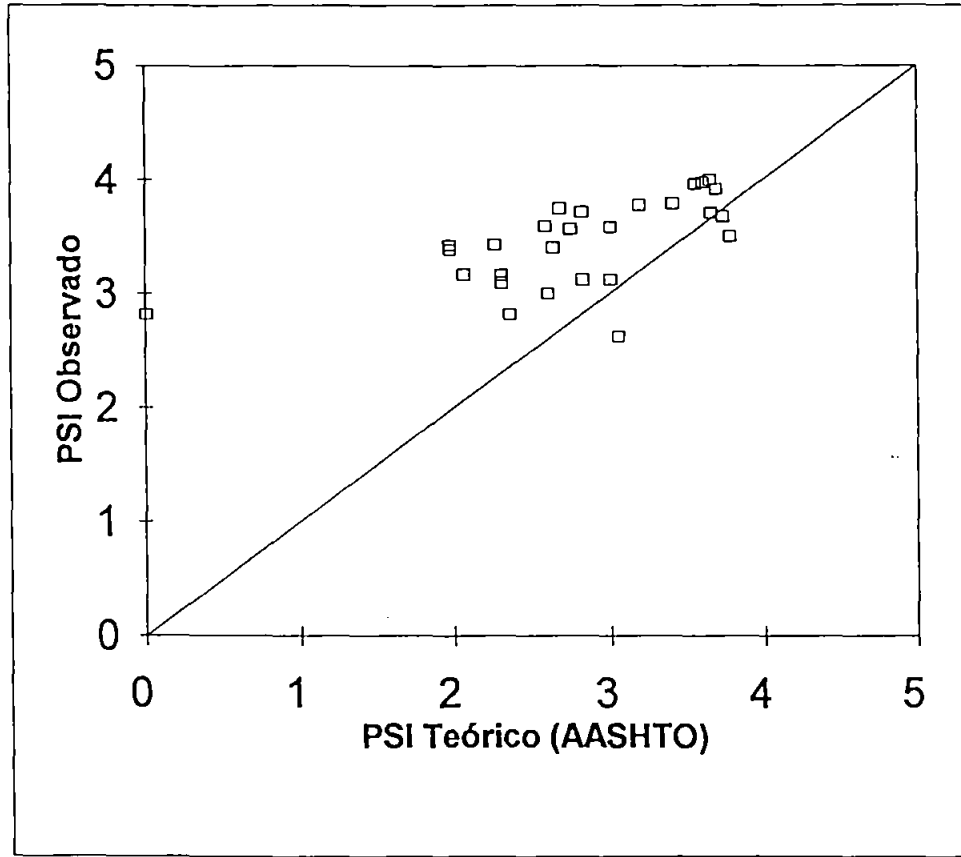


Figura 8
 Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según AASHTO y el índice real, según ubicación geográfica y tipo de estructura.

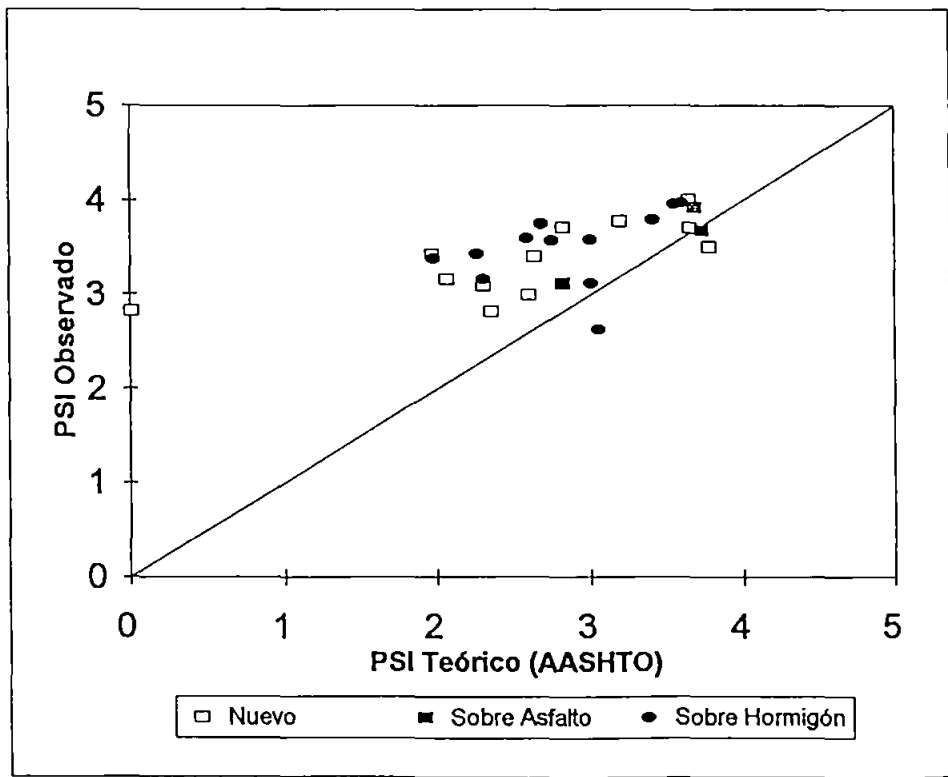
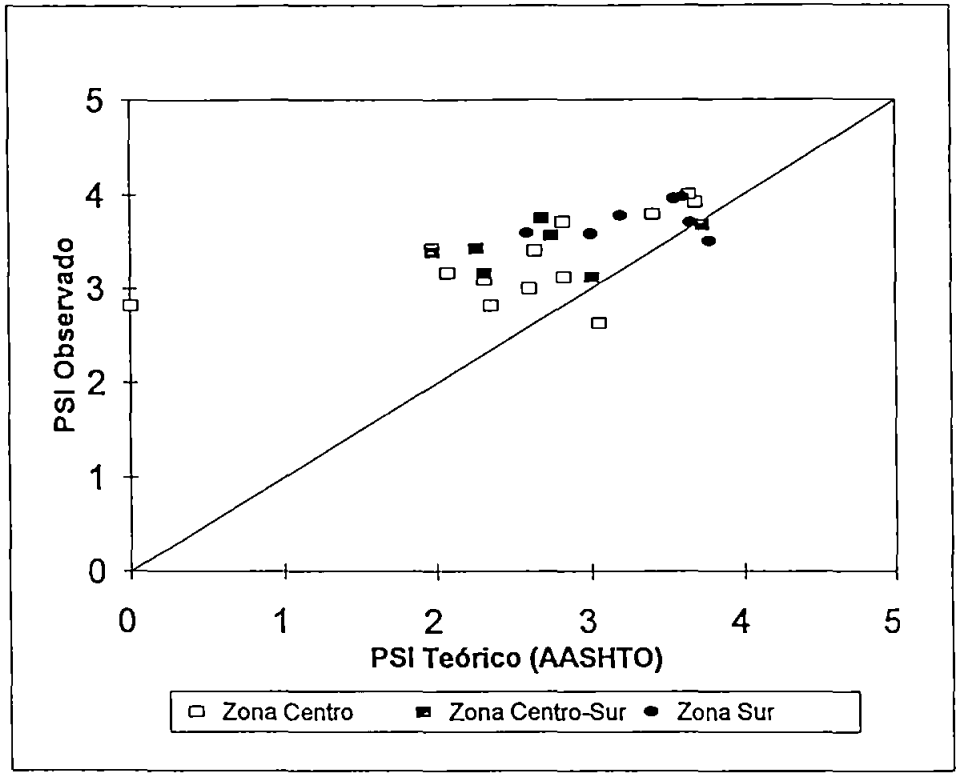


Figura 9
 Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según
 AASHTO y el índice real, según espesor de losa y
 tránsito solicitante.

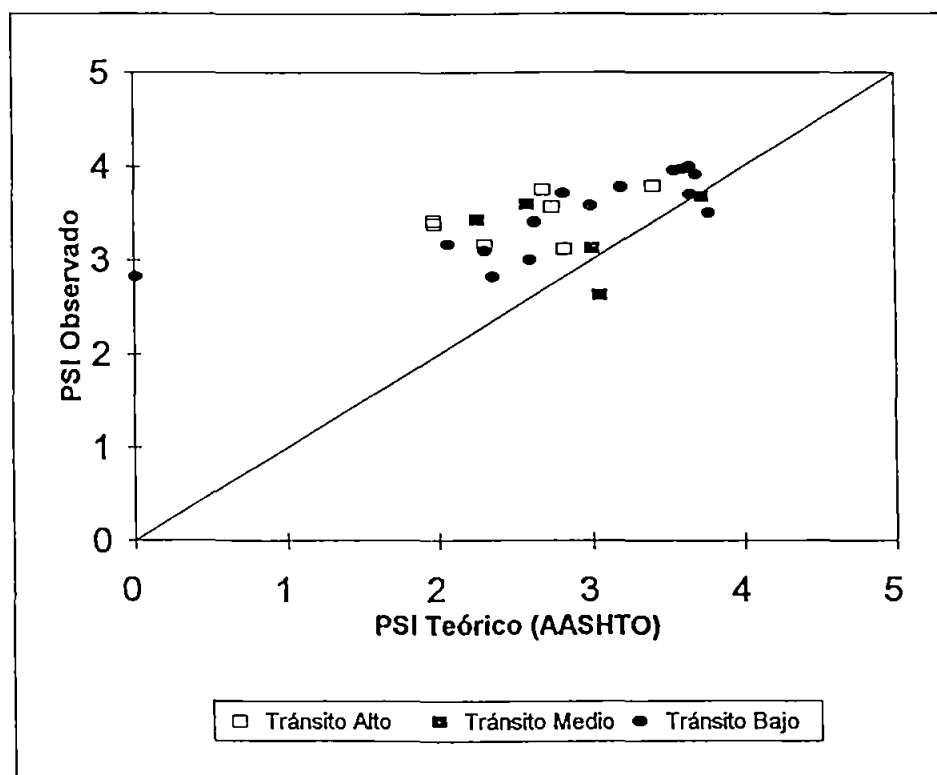
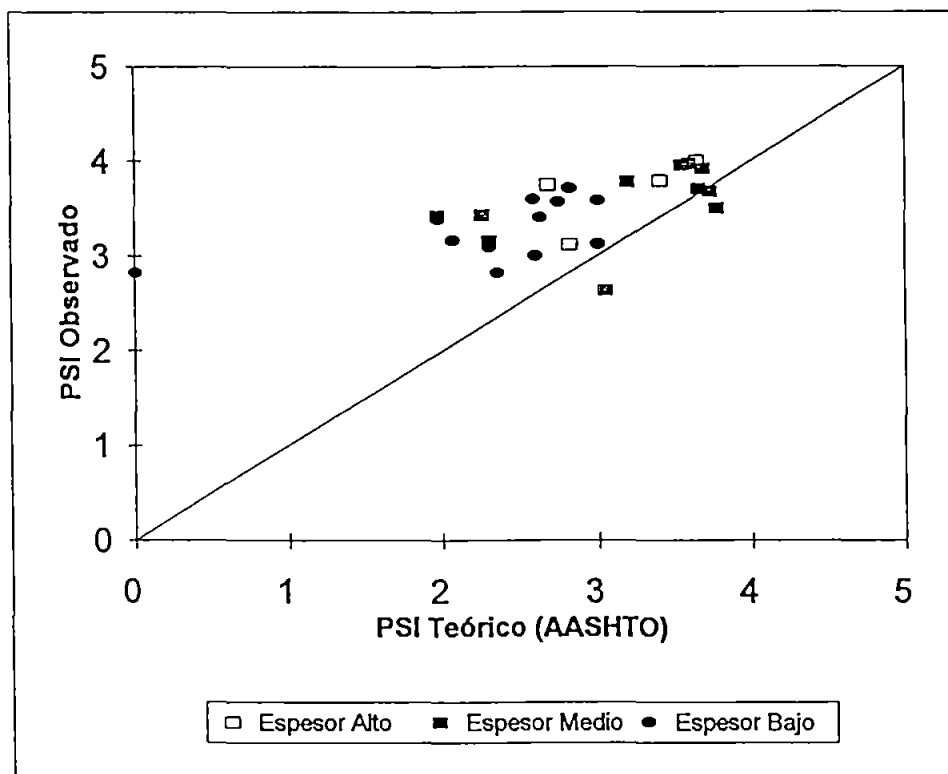


Figura 10
Transferencia de carga Promedio
Autopista Santiago - San Antonio

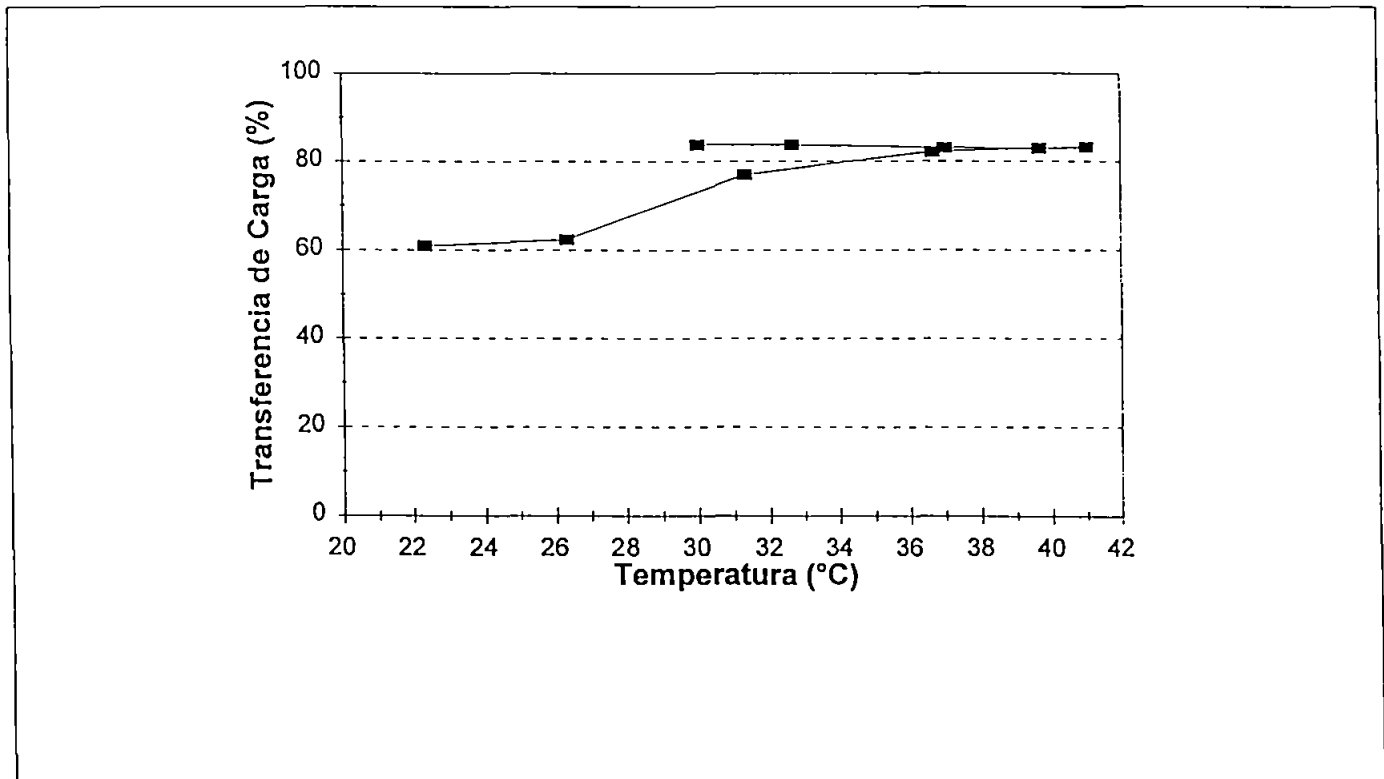
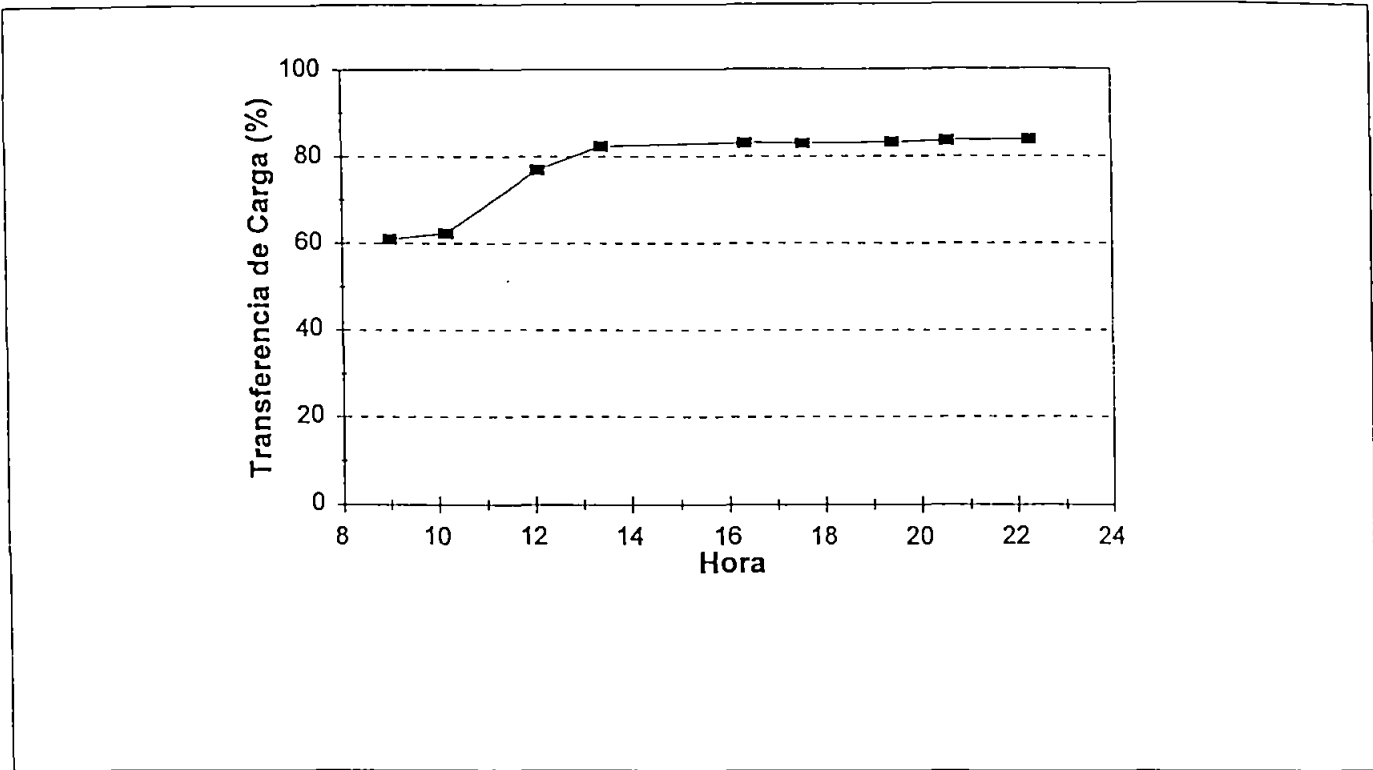


Figura 11
Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el índice real, para distintos valores del coeficiente J.

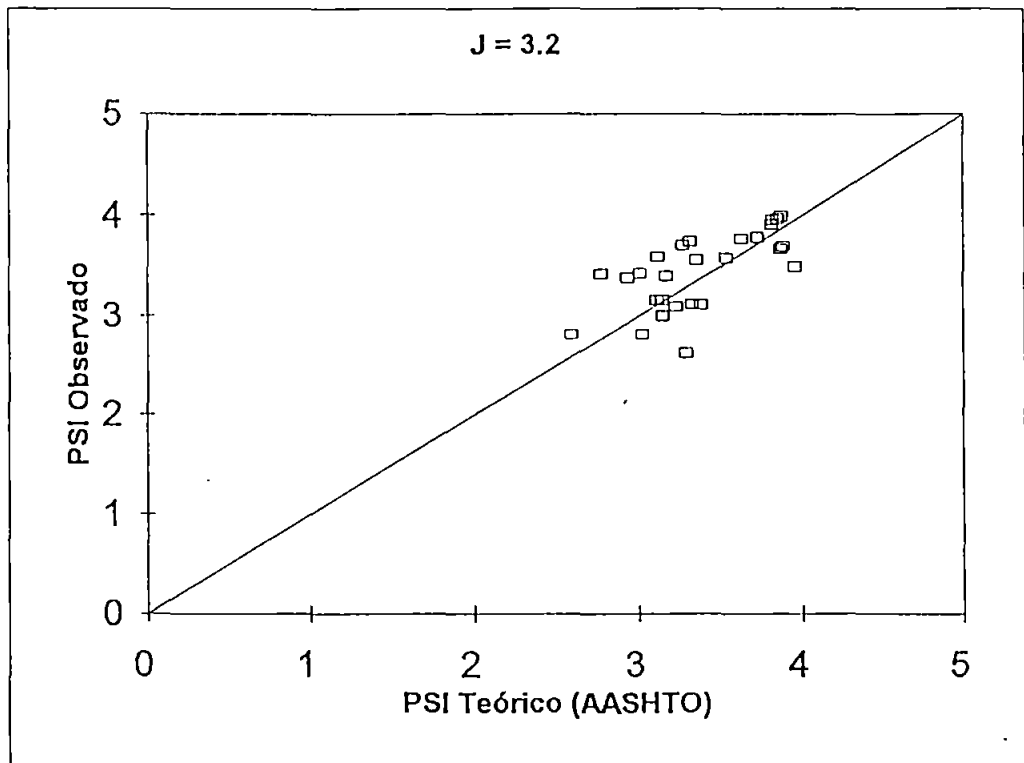
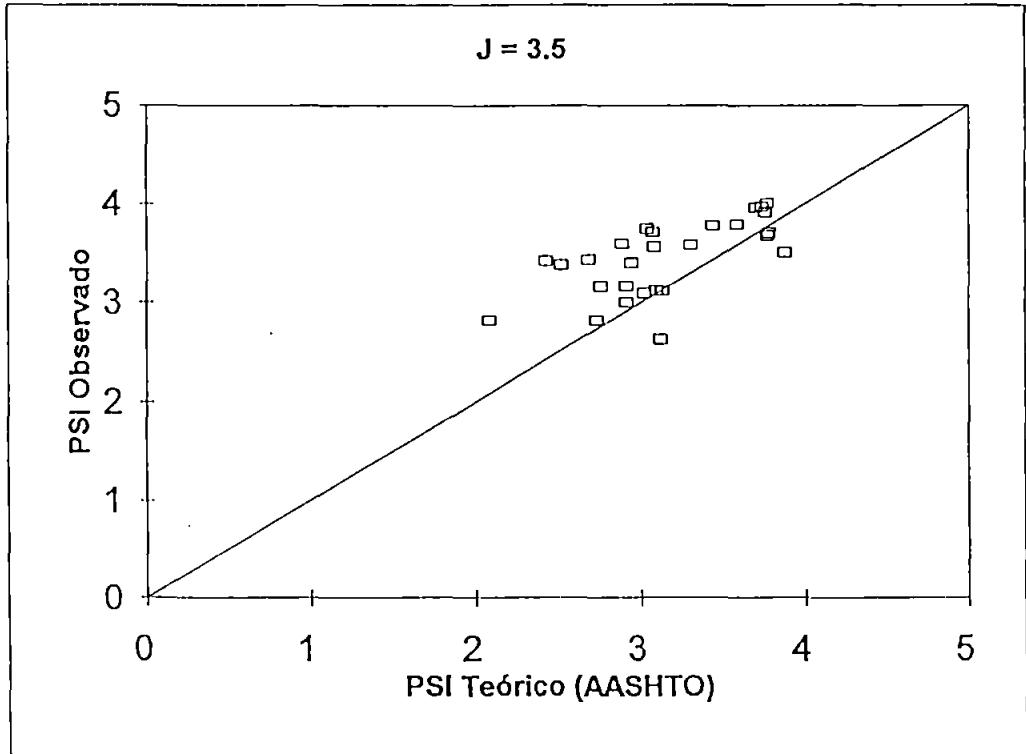


Figura 12
Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el índice real. Pavimentos de Hormigón.
 $p I = 4.5$

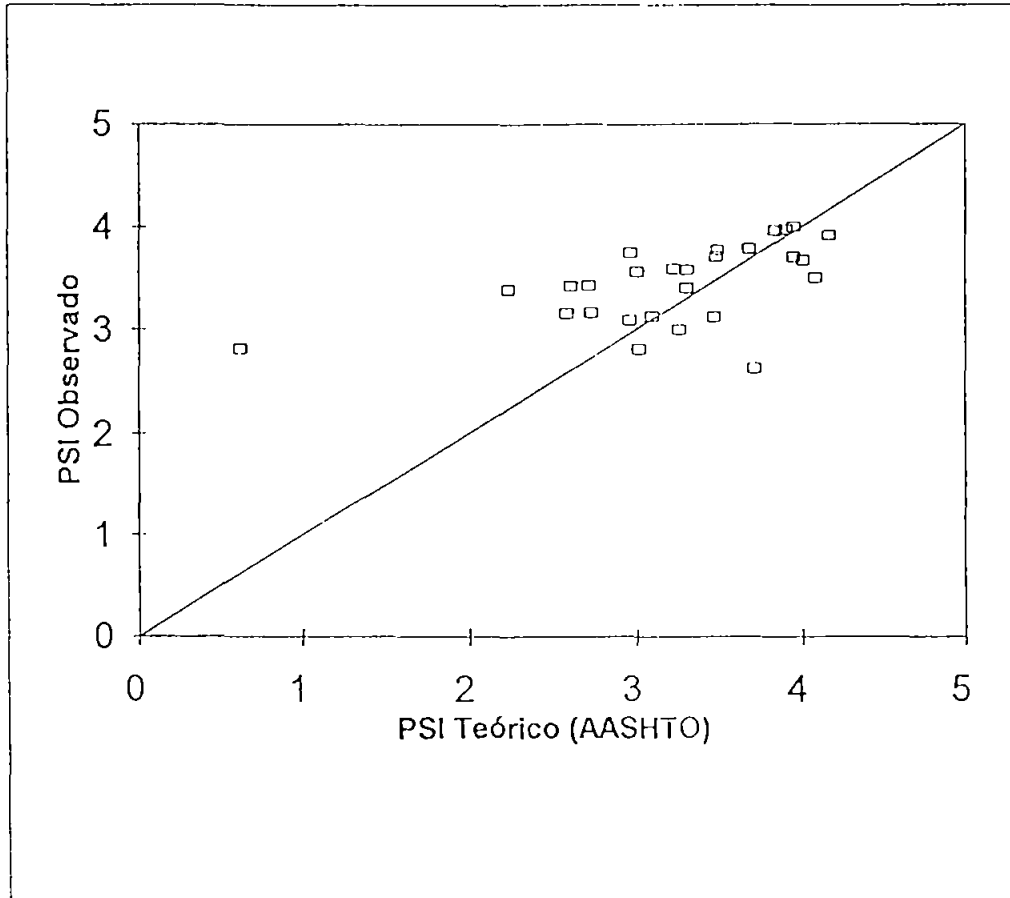


Figura 13
Comparación entre el Índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el Índice real, para distintos niveles de confiabilidad.
Pavimentos de Hormigón.

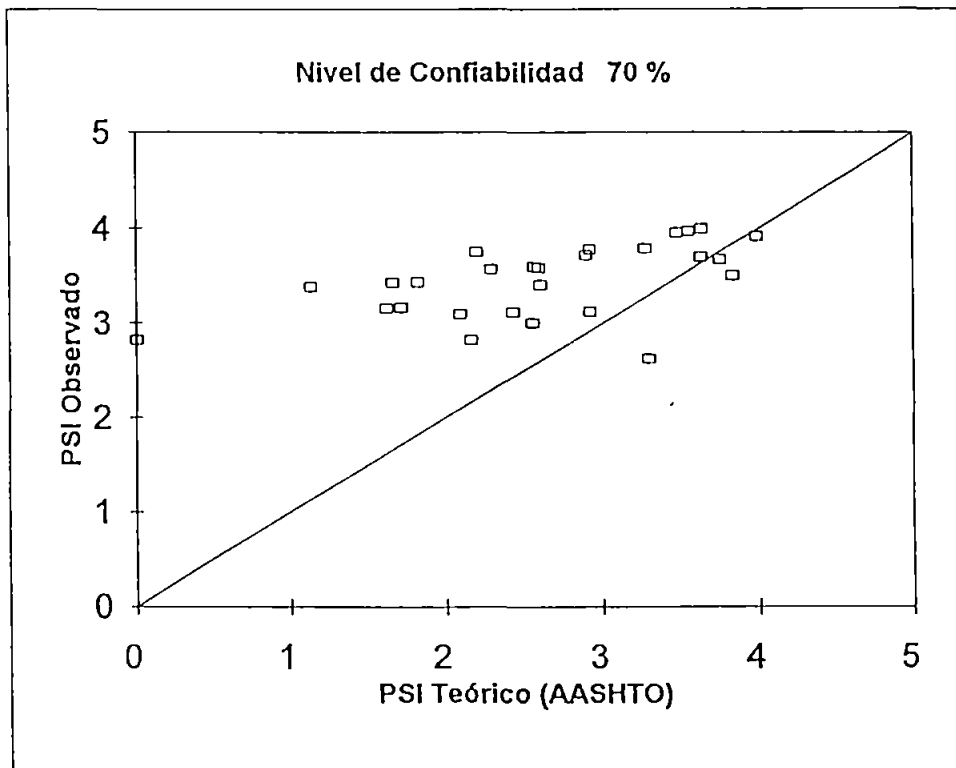
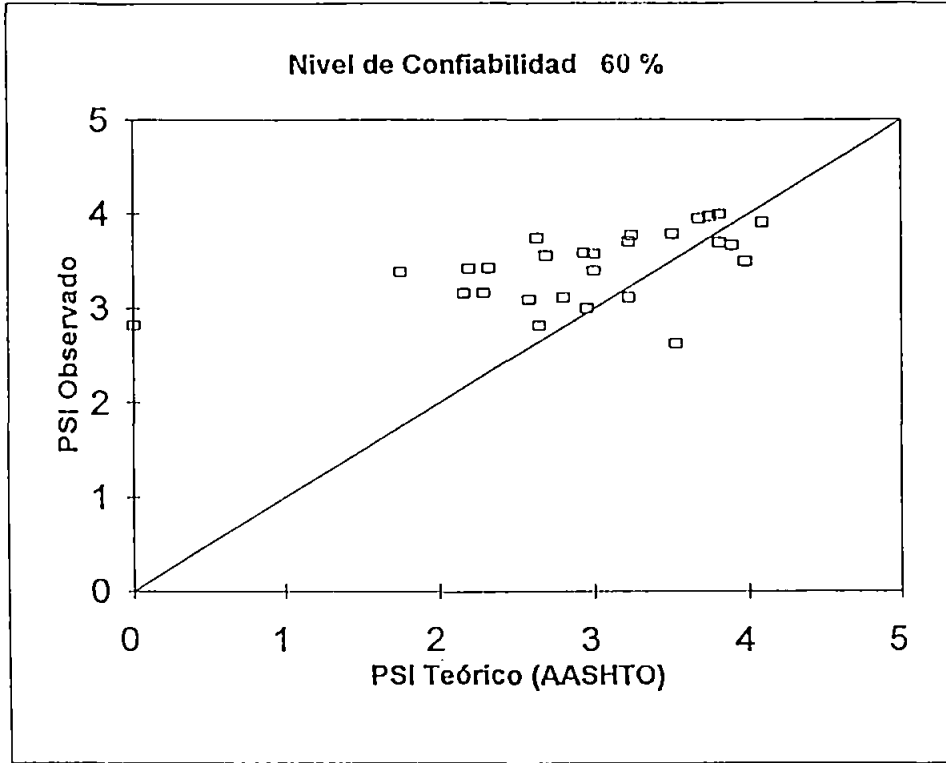


Figura 14
Comparación entre el tránsito solicitante calculado
con factores de equivalencia AASHTO y del Manual de Carreteras.

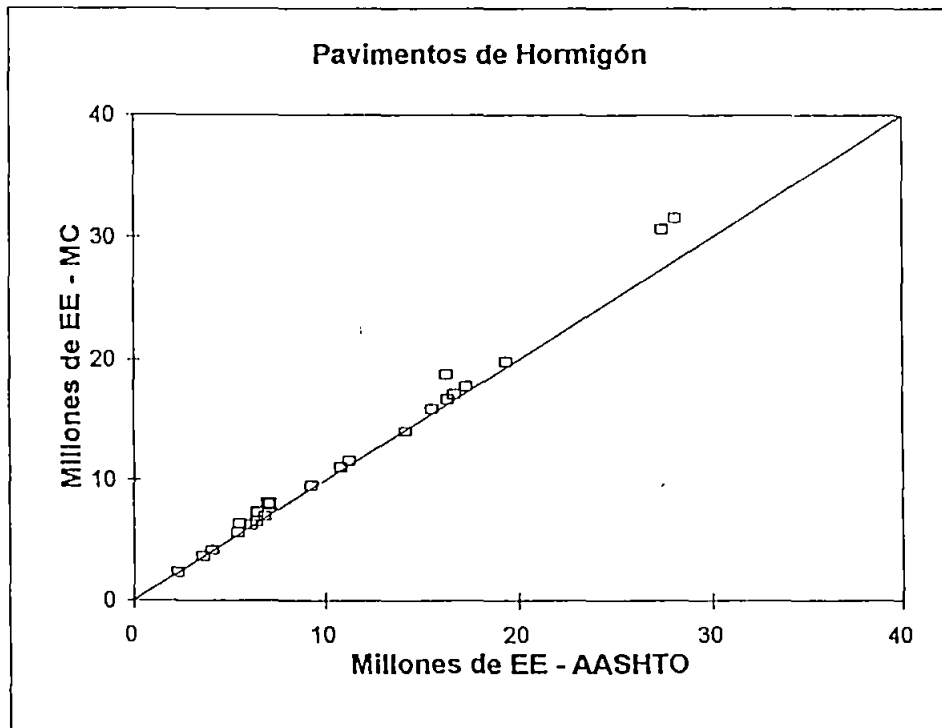
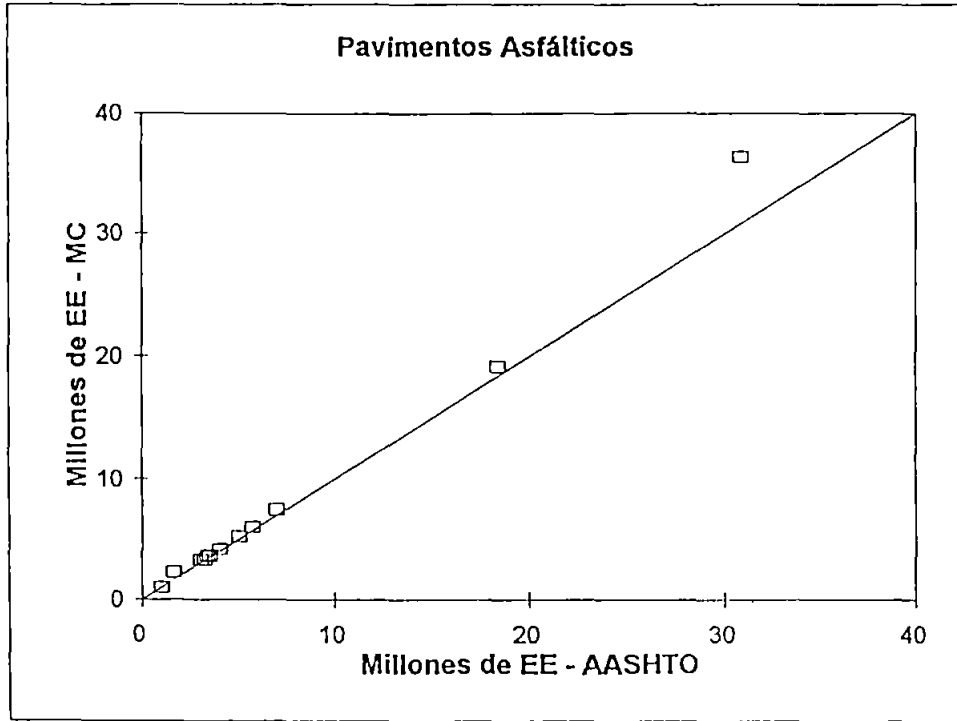
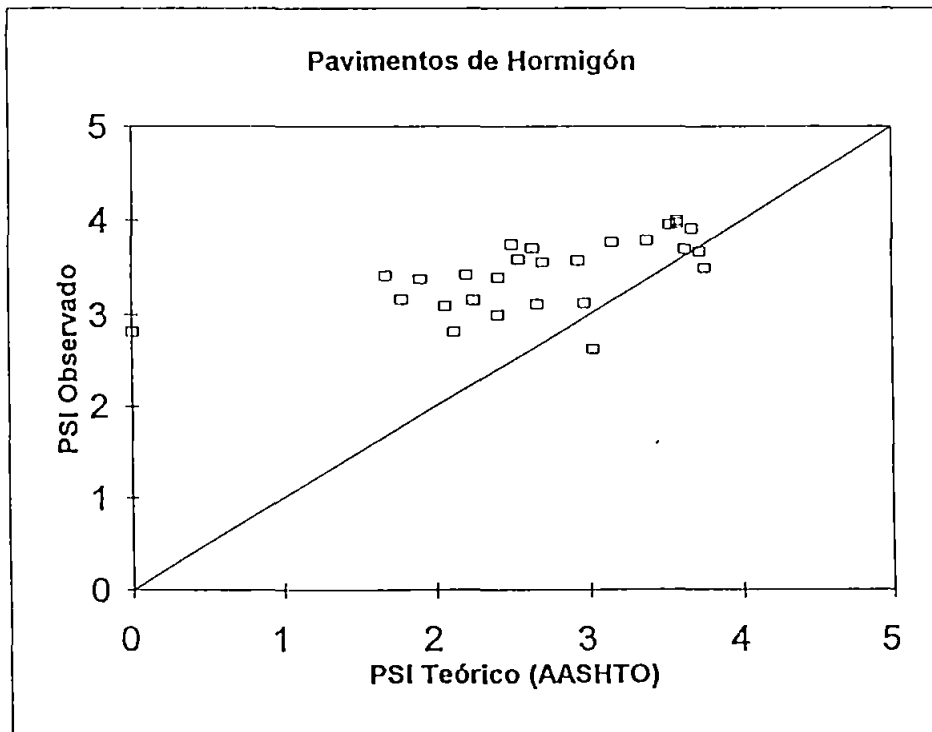
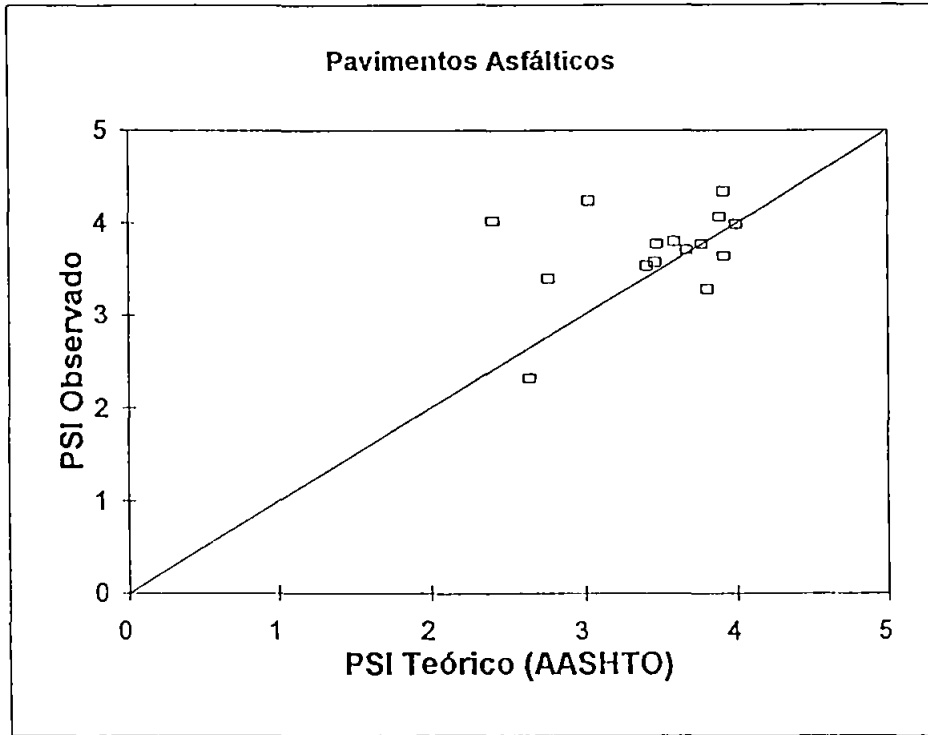


Figura 15
Comparación entre el índice de serviciabilidad teórico según
AASHTO y el índice real. Factores de equivalencia de acuerdo
al Manual de Carreteras.



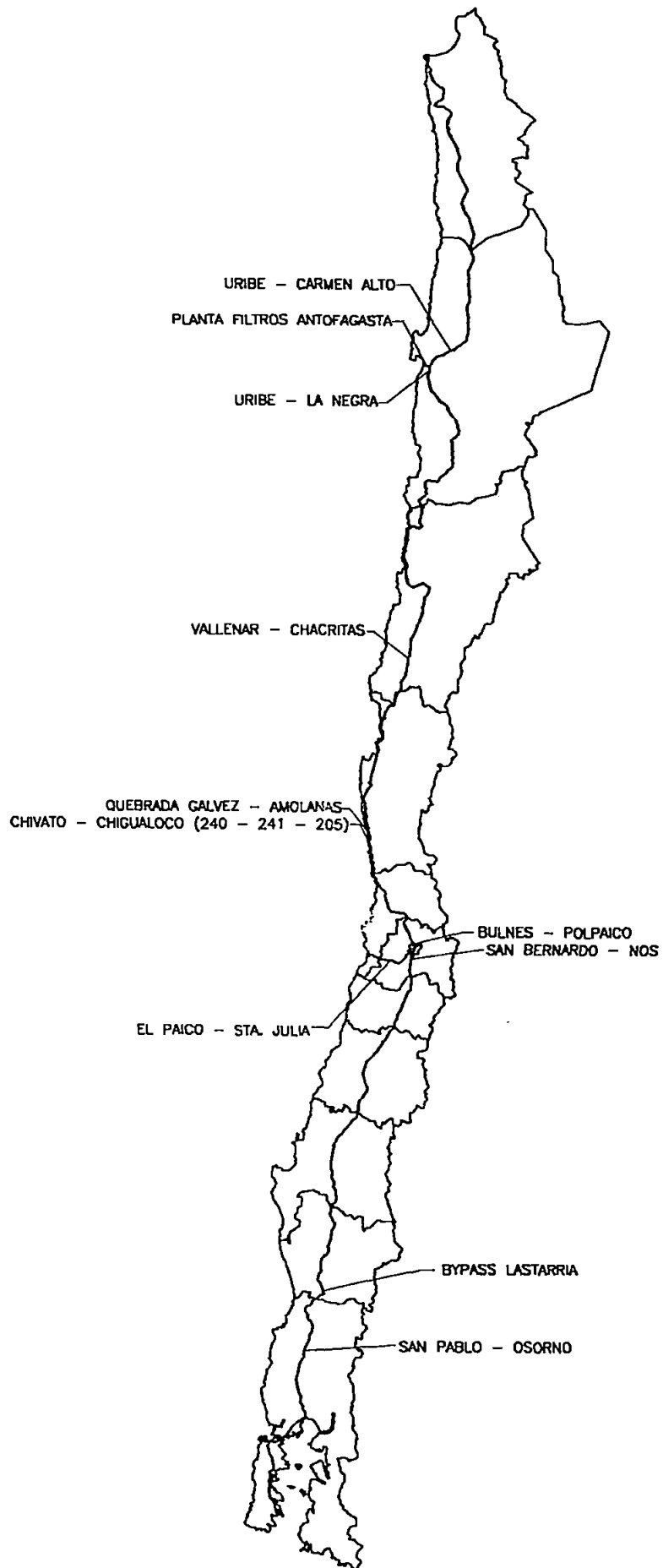


FIGURA 16
UBICACION DE TRAMOS SELECCIONADOS

Tabla N° 2
Características de los Tramos Seleccionados
Pavimentos de Hormigón

Tramo	Rol	Ubicación Ki - Kf	Pista	Año P. S.	Tipo
1 Longotoma	64A 005	140.00 - 161.70	1, 2	1983	S/A
2 Las Chilcas	65A 005	73.23 - 78.33	3, 4	1981	S/H
3 Lampa	73A 0N5	18.00 - 19.00	1, 3	1984	S/H
4 Lo Vásquez	65A 068	83.48 - 89.48	1, 3	1985	N
5 Talagante	73A 078	28.00 - 50.30	1, 3	1975	N
6 Paine	73A 0S5	52.00 - 53.00	2, 4	1983	S/A
7 Graneros	66A 005	58.66 - 73.26	2, 4	1983	S/H
8 San Fernando	66A 005	138.49 - 145.60	1, 3	1983	S/H
10 Cocharcas	68A 005	388.63 - 391.93	1, 2	1982	S/H
11 Concepción	68A 050	69.40 - 73.80	2, 4	1984	S/A
12 Cabrero	68A 005	449.26 - 454.96	1, 2	1984	S/H
13 Laja	68A 005	474.40 - 480.00	1, 2	1982	S/H
14 Cuesta Esperanza	68A 005	559.00 - 564.00	1, 2	1979	S/H
15 Victoria	69A 005	610.00 - 612.00	1, 2	1984	S/H
16 Temuco	69A 005	663.00 - 665.00	1, 2	1981	S/H
17 Gorbea	69A 005	715.00 - 727.00	1, 2	1983	N
18 Loncoche	69A 005	744.96 - 747.06	1, 2	1984	N
19 Mariquina	70A 005	787.80 - 799.70	1, 2	1983	S/H
20 Máfil	70A 005	787.80 - 799.70	1, 2	1983	N
21 Río Bueno	70A 005	876.00 - 882.00	1, 2	1983	S/H

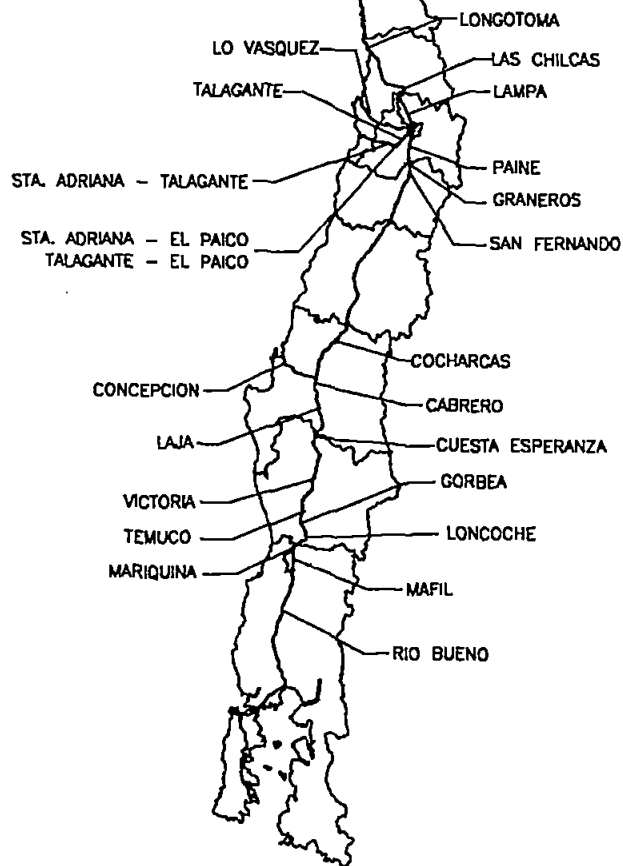


FIGURA 17
UBICACION DE TRAMOS SELECCIONADOS

06364



625.8
CCHC
C173e
CA

Dusan, Dujisin / Quoyo, Alvaro

AUTOR

Evaluación Técnica de Revi-
TITULO mentos existentes....

Fecha	NOMBRE	Firma
18/2/95	Quoyo Alvaro	[Signature]



Autor.: Dusan, Dujisin / Quoyo, Alvaro

Título: Evaluación Técnica de...

Nº top.: 06364